

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-59453

(P2000-59453A)

(43)公開日 平成12年2月25日 (2000.2.25)

(51)Int.Cl.⁷

H 04 L 27/34
H 04 J 3/00

識別記号

F I

テーマコード(参考)

H 04 L 27/00
H 04 J 3/00

E
H

審査請求 有 請求項の数63 OL 外国語出願 (全234頁)

(21)出願番号 特願平11-210936

(22)出願日 平成11年7月26日 (1999.7.26)

(31)優先権主張番号 094106

(32)優先日 平成10年7月24日 (1998.7.24)

(33)優先権主張国 米国 (U.S.)

(71)出願人 598011983

ヒューズ・エレクトロニクス・コーポレーション
アメリカ合衆国、カリフォルニア州
90245、エル・セグンド、ノース・セブル

ペーダ・ブルバード 200

(72)発明者 スタンリー・イー・カイ

アメリカ合衆国、メリーランド州 20853、
ロックビル、フラワー・パレー・コート
15009

(74)代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外4名)

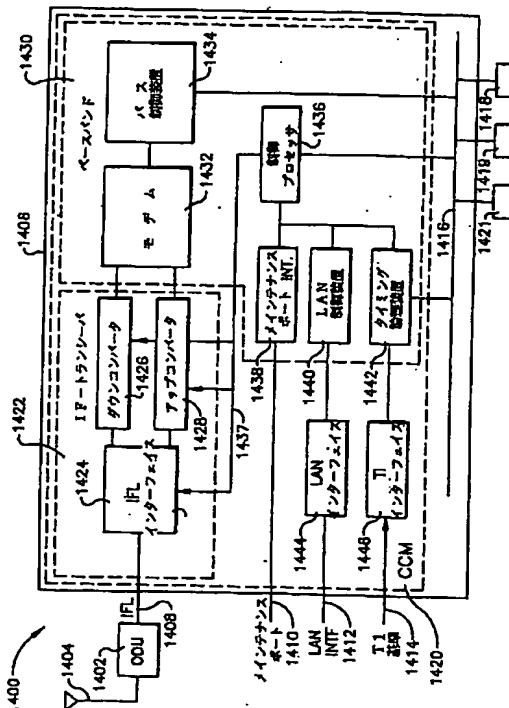
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 多重変調無線通信

(57)【要約】

【課題】 マルチ変調モデム (1100) からなる無線装置 (1400) および無線通信の関連する方法において、マルチ変調モデムは複数の変調を使用して信号を変調および復調する。

【解決手段】 無線装置はまたマルチ変調モデムに結合されて信号を無線周波数に変換する周波数コンバータ (1402および1422) と、周波数コンバータに結合されるアンテナ (1404) を含み信号を無線通信リンク (118) によって送信するトランシーバ装置とを具備している。マルチ変調モデムは変調セレクタ装置 (1114) を含む変調器 (1102) を含んでおり、変調セレクタ装置は信号を復調するために複数の変調のそれぞれを選択する。マルチ変調モデムはまた複数の変調を使用して変調された信号を復調するための復調器1104を含んでいる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の変調を使用して信号を変調する変調器を含んでいるマルチ変調モジュール(1100)と、マルチ変調モジュールに結合され、信号を無線周波数に変換する周波数コンバータ(1422および1402)と、周波数コンバータに結合されるアンテナ(1404)を含み無線通信リンク(118)によって信号を送信するトランシーバ装置(1402)とを具備していることを特徴とする無線装置(1400)。

【請求項2】 前記変調器(1100)は前記複数の変調を使用してバースト・バイ・バーストベースで前記信号を変調する請求項1記載の無線装置。

【請求項3】 前記無線通信リンク(118)は時分割多元接続無線通信リンクである請求項1記載の無線装置。

【請求項4】 前記マルチ変調モジュール(1100)は、直角位相シフトキー、16直角振幅変調、64直角振幅変調を使用して前記信号を変調する変調器(1102)を含んでいる請求項1記載の無線装置。

【請求項5】 前記アンテナは切換えピームアンテナ(1404)を具備している請求項1記載の無線装置。

【請求項6】 前記変調器は変調セレクタ装置(1114)を含んでおり、変調セレクタ装置は前記複数の変調のそれぞれを選択して前記信号を変調する請求項1記載の無線装置。

【請求項7】 前記変調セレクタ装置は、前記複数の変調のそれぞれを選択してバースト・バイ・バーストベースで前記信号を変調する請求項1記載の無線装置。

【請求項8】 前記変調セレクタ装置はコンステレーション検索テーブル(1120)を含み、このコンステレーション検索テーブルは前記信号を複数のコンステレーションのそれぞれにマップし、複数の各コンステレーションは前記複数の変調のそれぞれに対応する請求項7記載の無線装置。

【請求項9】 前記マルチ変調モジュールは、前記複数の変調モードを使用して変調されている受信された信号を復調する復調器(1104)を含んでいる請求項1記載の無線装置。

【請求項10】 前記復調器はマルチ変調スライサ(1160)を含んでおり、そのマルチ変調スライサは前記受信された信号を複数のコンステレーションのそれぞれへマップし、それぞれの前記複数のコンステレーションは複数の変調のそれぞれに対応している請求項9記載の無線装置。

【請求項11】 前記復調器は獲得セクション(1140)を具備し、この獲得セクションは、
プレ相関フィルタ(1144)と、
プレ相関フィルタに結合されたバースト検出器およびパラメータ評価器(1146)を具備している請求項9記載の無線装置。

【請求項12】 前記復調器はさらに追跡セクション

(1142)を具備し、この追跡セクションは、自動利得制御装置(1156)と、自動利得制御装置に結合されているイコライザおよび位相回転装置(1158)と、イコライザおよび位相回転装置に結合されているマルチ変調スライサ(1160)と、マルチ変調スライサと、イコライザおよび位相回転装置に結合されているキャリア再生ループ(1162)とを具備している請求項11記載の無線装置。

10 【請求項13】 前記信号は複数の転送モード信号(2800および2900)を具備している請求項1記載の無線装置。

【請求項14】 同期信号と非同期信号を含む前記信号をバス上で伝送するようにフォーマット化するフォーマッタ(1418および1419)と、

前記信号を前記マルチ変調モジュールへ伝送するバス(1416)とをさらに具備している請求項1記載の無線装置。

【請求項15】 前記同期信号は時分割多重化信号(2900)を含み、前記非同期信号は非同期転送モード信号(2800)を含んでいる請求項14記載の無線装置。

【請求項16】 マルチ変調モジュール(1100)を具備し、このマルチ変調モジュールは、

複数の変調のそれぞれを選択して信号を変調する変調セレクタ装置(1114)を含み、複数の変調を使用して信号を変調する変調器(1102)と、

複数の変調モードを使用して信号を復調する復調器(1104)とを具備することを特徴とするモジュール。

【請求項17】 前記複数の変調は、直角位相シフトキー、16直角振幅変調、64直角振幅変調を有する請求項16記載のマルチ変調モジュール。

【請求項18】 前記変調セレクタ装置は、前記複数の変調のそれぞれを選択して前記信号をバースト・バイ・バーストベースで変調する請求項17記載のモジュール。

【請求項19】 前記変調セレクタ装置は、
バイト・シンボルコンバータ(1116)と、
バイト・シンボルコンバータに結合され、前記信号をバーストにフォーマット化するバーストフォーマッタ(1118)と、
それぞれの信号を複数の変調のそれぞれに対応する複数

40 のコンステレーションのそれぞれにマッピングするバーストフォーマッタに結合されているコンステレーション検索部(1120)とを具備している請求項16記載のモジュール。

【請求項20】 前記バーストフォーマッタは前記信号を複数のバーストタイプ(700および710)のうちの1つへフォーマットする請求項19記載のモジュール。

【請求項21】 送信バッファインターフェイス(1108)と、
送信バッファインターフェイスへ結合されたスクランブル(1110)と、

3

スクランブルに結合されたエンコーダ（1112）と、
エンコーダに結合された前記変調セレクタ装置（1114）
と、
前記変調セレクタ装置に結合されたパルス成形器（112
2）と、
パルス成形器に結合されたハーフバンドフィルタ（112
4）と、
ハーフバンドフィルタに結合されたラムパ（1126）と、
ラムパに結合された線形化装置（1128）と、
線形化装置に結合された中間周波数変調器（1130）と、
中間周波数変調器に結合された同期歪み補償フィルタ
(1132) とをさらに具備している請求項19記載のモ
デム。

【請求項22】 前記復調器は、
獲得セクション（1140）と、
獲得セクションに結合され、前記複数の変調で変調され
ている受信された信号を復調する追跡セクション（114
2）とを含んでいる請求項16記載のモデム。

【請求項23】 前記追跡セクションはイコライザおよび位相回転装置（1158）を含み、このイコライザおよび位相回転装置は符号間干渉を最少にする請求項22記載のモデム。

【請求項24】 イコライザおよび位相回転装置は、フィードバックイコライザに結合されたフィードフォワードイコライザを含んでいる請求項23記載のモデム。

【請求項25】 前記追跡セクション（1142）は前記イコライザおよび位相回転装置に結合されたマルチ変調スライサ（1160）をさらに具備し、マルチ変調スライサは前記信号を複数のコンステレーションの1つにマップし、複数のコンステレーションのそれぞれは前記複数の変調のうちの1つに関連されている請求項23記載のモ
デム。

【請求項26】 前記追跡セクションは、前記マルチ変調スライサと前記イコライザおよび位相回転装置に結合
されているキャリア再生ループ（1162）をさらに具備
し、キャリア再生ループは前記複数の変調の1以上の変
調を使用して、抑圧されたキャリア信号を再生する請求
項25記載のモデム。

【請求項27】 前記追跡セクションの前記マルチ変調スライサに結合されているシンボル・バイトコンバータ
(1166) と、
前記シンボルをバイトコンバータに結合されたデコーダ
(1168) と、

デコーダに結合されたデスクランブル（1170）と、
デスクランブルに結合された出力バッファ（1172）とを
さらに具備している請求項26記載のモデム。

【請求項28】 無線装置への信号を受信し、
複数の変調のそれぞれを使用して信号を変調し（141
6）、
変調されている信号を無線周波数へ変換し（1906）、

信号を無線通信リンクによって送信する（1910）無線送
信方法。

【請求項29】 前記変調は、前記複数の変調を使用し
て前記信号を変調するためにマルチ変調モデムを使用す
る（1100）請求項28記載の方法。

【請求項30】 前記変調は、前記複数の変調を使用し
て前記信号を変調し、前記複数の変調は直角位相シフト
キー、16直角振幅変調、64直角振幅変調を含んでい
る請求項28記載の方法。

10 【請求項31】 前記変調は、ペースト・バイ・ペース
トベースで前記複数の変調のそれぞれを使用して前記信
号を変調する請求項28記載の方法。

【請求項32】 無線通信リンクから無線装置への信号
を受信し（1912）、信号は複数の変調のそれぞれによ
って変調され、

無線周波数からデジタルベースバンドへ信号を変換し
(1914)、

複数の変調のそれぞれによって変調されている信号を復
調する（1916）ことを特徴とする無線受信方法。

20 【請求項33】 前記復調は、マルチ変調モデム（110
0）を使用して前記複数の変調のそれぞれで変調されて
いる前記信号を復調する請求項32記載の方法。

【請求項34】 前記復調は、前記複数の変調モードの
それぞれにより変調されている前記信号を復調し、前記
複数の変調モードは直角位相シフトキー、16直角振幅
変調、64直角振幅変調を有する請求項32記載の方
法。

【請求項35】 前記復調は、ペースト・バイ・ペース
トベースで前記複数の変調のそれぞれによって変調され
ている前記信号を復調する請求項32記載の方法。

【請求項36】 入力ソースから無線装置への信号を受
信する手段（1418および1419）と、
複数の変調のそれぞれを使用して信号を変調する手段
(1100) と、

変調されている信号を無線周波数へ変換する手段（1422
および1402）と、

無線通信リンクによって信号を送信する手段（1402およ
び1404）とを具備している無線装置。

【請求項37】 前記変調する手段は、ペースト・バイ
40 ペーストベースで前記複数の変調のそれぞれを使用し
て前記信号を変調する手段を有する請求項36記載の無
線装置。

【請求項38】 複数の転送モード信号を含む前記信号
をバスで送信するためにフォーマット化する手段（2504
および2506）と、

フォーマット化されている信号を前記変調手段へ転送す
る手段（1416）とをさらに具備している請求項36記載
の無線装置。

【請求項39】 複数の変調のそれぞれで変調されてい
50 る信号を無線通信リンクから無線装置へ受信する手段

(1402) と、

信号を無線周波数からデジタルベースバンドへ変換する手段 (1402および1422) と、
複数の変調のそれぞれで変調されている信号を復調する手段 (1100) とを具備している無線装置。

【請求項40】 前記復調手段は、バースト・バイ・バーストベースで前記複数の変調のそれぞれで変調されている前記信号を復調する手段を具備している請求項39記載の方法。

【請求項41】 前記受信手段は前記無線通信リンクによって送信するためにフォーマット化されている複数の転送モード信号 (2800および2900) を含む前記信号を受信するための前記手段を有し、
さらに、前記復調手段からインターフェイスモジュールへ前記信号を転送する手段 (1416) と、
前記信号を弁別する手段 (3000) とを具備している請求項39記載の無線装置。

【請求項42】 変調器への信号を受信し (1108)、
信号をシンボルへ変換し (1116)、
シンボルをバーストへフォーマット化し (1118)、
バーストを複数のコンステレーションのそれぞれへマップし (1120)、複数のコンステレーションのそれぞれは複数の変調のそれぞれに対応し、
複数の変調のそれぞれを使用してバーストを変調することを特徴とする変調方法。

【請求項43】 前記マッピングは、バーストを複数のコンステレーションのそれぞれにマッピングし、前記複数のコンステレーションは4ポイントコンステレーションと、16ポイントコンステレーションと、64ポイントコンステレーションを含む請求項42記載の方法。

【請求項44】 さらに、前記変換する前に前記信号をスクランブルし (1110)、
前記変換する前に前記信号をコード化する (1112) 請求項42記載の方法。

【請求項45】 さらに、前記マッピングの後で前記変調前に前記バーストを補間し (1122)、
前記変調の前にランプを前記バーストへ与え (1126)、
前記変調の前に前記バースト中の非線形歪みを補償し (1128)、
前記変調後に同期歪みを補償する (1132) 請求項44記載の方法。

【請求項46】 複数の変調のそれぞれを使用して変調されている複素数シンボルを復調器へ受信し (1138)、
受信されている複素数シンボルの利得評価を獲得し (1146)、
受信されている複素数シンボルのタイミング評価を獲得し (1146)、
受信されている複素数シンボルの位相評価を獲得し (1146)、
受信されている複素数シンボルの周波数オフセット評価

を獲得 (1146) し、

イコライザを使用して符号間干渉を最少にし (1158)、マルチ変調スライサを使用して、複素数シンボルを複数のコンステレーションのそれぞれへマップし (1160)、複数のコンステレーションのそれぞれは複数の変調のそれぞれに対応していることを特徴とする復調方法。

【請求項47】 さらに、キャリア信号を追跡する (1142) 請求項46記載の方法。

【請求項48】 さらに、キャリア再生ループを使用して、抑圧されたキャリア信号の位相および周波数を追跡する (1162) 請求項46記載の方法。

【請求項49】 前記キャリア再生ループを使用する前記追跡 (1162) は、前記キャリア再生ループの2次の位相ロックループを使用して、前記抑圧されたキャリア信号の前記位相および前記周波数を追跡する請求項48記載の方法。

【請求項50】 前記キャリア信号の追跡は直角位相シフトキーキャリア信号の追跡を含んでいる請求項48記載の方法。

【請求項51】 前記キャリア再生ループを使用して、抑圧された直角振幅変調信号の前記位相および前記周波数を追跡する請求項50記載の方法。

【請求項52】 前記受信は、前記復調器への前記複素数シンボルの受信 (1138) を含み、前記複素数シンボルは直角位相シフトキー、16直角振幅変調、64直角振幅変調のうちそれぞれ1つ1つを使用して変調されている請求項46記載の方法。

【請求項53】 前記マッピングは、前記マルチ変調スライサを使用して前記複素数シンボルを前記複数のコンステレーションのそれぞれにマップし、前記複数のコンステレーションは4ポイント、16ポイント、64ポイントコンステレーションを有する請求項46記載の方法。

【請求項54】 さらに、マップされている前記複素数シンボルをバイトに変換し (1166)、
バイトをデコードし (1168)、
バイトをデスクランブルし (1170)、
バイトをバッファし (1172)、
復調器から、バッファされているバイトを出力する (1174) 請求項46記載の方法。

【請求項55】 復調器で受信された複素数シンボルの正確なパラメータ評価を与える方法 (1140) において、バーストから復調器への複素数シンボルを受信し (1138)、バーストは通信チャネルによって送信されており、

記憶された補間係数をプレ相関フィルタ (1144) ヘロードし (1164)、記憶された補間係数は復調器により見られる通信チャネルの真のタイミングオフセットを表し、それによって通信チャネルが等化され、

ロードされているプレ相関フィルタを使用してバースト

から受信された複素数シンボルを相関し(1144)、バーストを検出し(1146)、検出されているバーストのパラメータを評価し(1146)、それによって評価ステップは等化されている通信チャネルによって実行されることを特徴とする方法。

【請求項56】前記評価は、バーストの利得評価を評価し(1146)、バーストのタイミング評価を評価し(1146)、バーストの位相評価を評価し(1146)、バーストの周波数オフセットを評価するステップ(1146)を有している請求項55記載の方法。

【請求項57】前記バーストからの前記複素数シンボルの受信に先立って、オーバーヘッドバーストからオーバーヘッドの複素数シンボルを受信し(1138)、オーバーヘッドバーストは前記通信チャネルによって送信され、

前記バーストからの前記複素数シンボルの受信に先立って、デフォルト補間係数を前記プレ相関フィルタ(1144)へロードし(1164)、デフォルト補間係数は前記復調器により見られる前記通信チャネルの評価されたタイミングオフセットを表し、前記バーストからの前記複素数シンボルの受信に先立って、デフォルト補間係数で負荷されている前記プレ相関フィルタを使用してオーバーヘッドバーストから受信されたオーバーヘッドの複素数シンボルを相関し(1144)、

前記バーストからの前記複素数シンボルの受信に先立って、オーバーヘッドバーストを検出し(1146)、前記バーストからの前記複素数シンボルの受信に先立って、前記ステップ前に、オーバーヘッドバーストのタイミングオフセットを評価し(1146)、タイミングオフセットは前記復調器により見られる前記通信チャネルの前記真のタイミングオフセットを表している請求項55記載の方法。

【請求項58】さらに、前記バーストからの前記複素数シンボルの受信に先立って、前記タイミングオフセットを使用して前記通信チャネルを等化し(1158)、前記バーストからの前記複素数シンボルの受信に先立って、等化ステップ中に前記タイミングオフセットから前記記憶された補間係数を決定し(1158)、

前記バーストからの前記複素数シンボルの受信に先立って、前記記憶された補間係数を記憶し(1164)、前記記憶された補間係数は前記通信チャネルに対応している請求項57記載の方法。

【請求項59】前記受信はそれぞれのバーストから復調器へ複素数シンボルを受信し、それぞれのバーストはそれぞれの通信チャネルによって送信されている請求項55記載の方法。

【請求項60】前記ロードは、それぞれの記憶された補間係数を前記プレ相関フィルタにロードし(1164)、

それぞれ記憶された補間係数は前記それぞれのバーストに対応し、それぞれの記憶された補間係数は復調器により見られる前記それぞれの通信チャネルの真のタイミングオフセットを表し、それによって前記それぞれの通信チャネルは等化される請求項59記載の方法。

【請求項61】前記相関は、ロードされている前記プレ相関フィルタを使用して前記それぞれのバーストから前記受信された複素数シンボルを相関し(1144)、前記検出は前記それぞれのバーストを検出し(1146)、前記評価は、検出されている前記各バーストの前記パラメータを評価し(1146)、それによって前記評価ステップは等化されている前記それぞれの通信チャネルにより実行される請求項60記載の方法。

【請求項62】正確なパラメータ評価を可能にする復調器(1104)の獲得セクション(1140)において、通信チャネルによって送信されているバーストを含む複素数シンボルを受信するためのプレ相関フィルタ(1144)と、

プレ相関フィルタに結合されているバースト検出器(1146)と、

バースト検出器に結合されているパラメータ評価器(1146)と、

パラメータ評価器に結合されているイコライザ(1158)と、

イコライザおよびプレ相関フィルタに結合されている係数メモリ(1164)とを具備していることを特徴とする獲得セクション。

【請求項63】前記プレ相関フィルタは有限インパルス応答フィルタ(1144)を有する請求項62記載の獲得セクション。

【発明の詳細な説明】

【0001】この出願は、1998年7月24日にKay他により出願されたU.S.プロビジョナル特許出願60/094,106号、発明の名称“MULTI-MODE, MULTI-MODULATION POINTTO MULTIPPOINT MICROWAVE RADIO SYSTEM”に対して35U.S.C.119(e)の規定による優先権を主張する。この特許出願は本発明の参考文献に含まれる。

【0002】本発明は同日に出願された以下の特許明細書に記載された1対多通信に関係しており、本発明の参考文献とされる。

【0003】1999年7月 日にKay他により出願されたU.S.特許出願09/

発明の名称“MULTI-MODULATION RADIO COMMUNICATIONS”，U.S.特許 号

1999年7月 日にCorrigan他により出願されたU.S.特許出願09/

発明の名称“MULTI-TRANSPORT MODE RADIO COMMUNICATIONS”，U.S.特許 号

1999年7月 日にLohman他により出願されたU.S.特許出願09/

発明の名称 "MULTI-MODULATION RADIO COMMUNICATIONS", U S 特許号

1999年7月 日にMuhammad 他により出願されたU S 特許出願09/

発明の名称 "EXTENTION INTERFACE UNITS IN A COMMUNICATIONS SYSTEM", U S 特許号

1999年7月 日にKay 他により出願されたU S 特許出願09/

発明の名称 "AIR INTERFACE FORMATTING", U S 特許号

1999年7月 日にKay 他により出願されたU S 特許出願09/

発明の名称 "DEMAND ASSIGNED MULTIPLE ACCESS TECHNIQUES", U S 特許号

1999年7月 日にMuhammad により出願されたU S 特許出願09/

発明の名称 "MULTI-TRANSPORT MODE BNUS COMMUNICATIONS", U S 特許号

1999年7月 日にWendling他により出願されたU S 特許出願09/

発明の名称 "1:N REDUNDANCY IN A COMMUNICATIONS SYSTEM", U S 特許号

1999年7月 日にMuhammad 他により出願されたU S 特許出願09/

発明の名称 "T D M BUFFERING", U S 特許号
【0004】

【発明の属する技術分野】本発明は無線通信システム、特にデータファイル無線通信システム、より厳密に言うならば、無線通信システムにおけるマルチ変調に関する。

【0005】

【従来の技術】無線通信装置は通信技術で共通して知られている。無線装置は、無線周波数として知られている周波数範囲内にある電磁エネルギーを送信および受信する装置である。無線装置は無線通信リンクによって通信を送信および受信する手段として通信システムで通常使用されている。従来技術の無線装置は、FM放送無線、移動体セルラ通信、1対1通信システム、1対多通信システムのような多くの応用を有する。

【0006】無線装置は、典型的にその他の無線トランシーバとの間で無線信号を送信および受信するための無線周波数パワーを発生する無線トランシーバからなる。無線装置はベースバンド信号を送信するために無線周波数へ変換し、受信された無線周波数信号をベースバンド信号へ変換する周波数コンバータも含んでいる。

【0007】無線装置の重要な部分はモデルまたは変調器／復調器装置である。技術で通常知られているように、モデルはベースバンド信号をキャリア周波数に変調する。これはベースバンド信号のフォーマットを、非常に限定された距離を有するベースバンド信号とは対照的

に長距離を伝播することができるフォーマットに変化する。モデルはまた受信無線装置で変調された信号を復調する。例えば周波数変調、振幅変調、位相変調等、無線装置が典型的に利用する多数の異なったタイプの変調が存在する。さらに、各一般的な変調には多数のタイプの変調が存在する。例えば、位相変調は位相シフトキー、直角位相シフトキー、直角振幅変調等を含んでいる。従来技術の無線装置は典型的にただ1つの変調モードだけを使用して動作するモデルを有している。

10 【0008】

【発明が解決しようとする課題】1対多マイクロ波無線通信システムのような幾つかの無線応用では、異なった無線装置を使用することが有効であり、ここでは各無線装置は異なる変調方式を使用する。従来技術の1対多通信では、固定した位置の中央ハブサイトは固定した位置の遠隔サイトの対応する無線装置と通信する無線装置を含んでいる。固定した位置の遠隔サイトは物理的にハブサイトから異なる距離に位置されている。したがって、通信システムは1(ハブサイト)対多(多数の遠隔サイト)通信システムである。付加的に、マイクロ波無線信号はそれらが非常に高い周波数であるために無線送信機からの視線と距離により制限を受ける。

【0009】結果として、1つの変調モードを使用する無線装置は異なる変調を使用する無線装置よりは異なる距離を伝播または伝送する無線信号を送信する。したがってこのような1対多通信システムでは、第1の変調モードを使用する第1の無線装置は、ハブサイトに最も隣接し許容可能なビットエラー率(BER)内である遠隔サイトの無線と通信することができるだけであり、ビットエラー率はハブサイトからさらに離れた遠隔サイトの無線装置に許容可能ではない。したがって、第1の無線装置は1つの変調モードを使用して通信するだけなので、第2の変調を使用する第2の無線装置は離れた位置の遠隔サイトの無線と通信することを必要とされる。付加的に、第3の変調を使用する第3の無線装置は第2の無線装置の範囲外の遠隔サイトの無線装置と通信することを必要とされる。代わりに、第3の無線装置は全ての遠隔サイトの無線装置との通信に使用されるが、第3の無線装置は信号の送信のために第1および第2の無線よりも多くの帯域幅を必要とする変調モードを使用し、これは通信リンクの効率的な使用を可能にしない。それ故、残念ながら、それぞれ1つの変調モードをサポートするモデルを使用する異なる無線装置が、ハブサイトからの距離が変化する遠隔サイトに位置した無線装置と通信するためにハブサイトにおいて必要とされる。

30 【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、マルチ変調モデルを含むマルチ変調無線装置と、1つの無線装置内で多数の変調をサポートする関連する無線通信方法を提供することによって前述およびその他の必要性の問題を解

決する。

【0011】1形態では、本発明はマルチ変調モデルを有する無線装置を特徴とし、ここではマルチ変調モデルは複数の変調を使用して信号を変調する変調器を含んでいる。また無線装置は、マルチ変調モデルに結合されて信号を無線周波数に変換する周波数コンバータと、周波数コンバータに結合されたアンテナを含み無線通信リンクによって信号を送信するトランシーバ装置とを具備している。

【0012】さらに別の形態では、本発明はマルチ変調モデルを具備するモデルを特徴とする。マルチ変調モデルは変調セレクタ装置を含んだ変調器を含んでいる。変調器は複数の変調を使用して信号を変調し、変調セレクタ装置は信号を変調するため複数の変調のそれぞれを選択する。マルチ変調モデルはまた複数の変調モードを使用して信号を復調するための復調器を含んでいる。

【0013】付加的な形態では、本発明は無線送信方法と、この方法を行う手段を特徴とし、無線装置への信号を受信し、複数の変調のそれぞれを使用して信号を復調し、変調されている信号を無線周波数へ変換し、信号を無線通信リンクによって送信するステップを有する。

【0014】さらに別の実施形態では、本発明は無線受信方法と、この方法を行う手段を特徴とし、無線通信リンクから無線装置への信号を受信し、信号は複数の変調のそれぞれで変調され、信号を無線周波数からデジタルベースバンドへ変換し、複数の変調のそれぞれで変調されている信号を復調するステップを有する。

【0015】さらに別の形態では、本発明は変調方法を特徴とし、復調器への信号を受信し、信号をシンボルへ変換し、シンボルをバーストヘフォーマット化し、バーストを複数のコンステレーションのそれぞれにマッピングし、複数の各コンステレーションは複数の変調のそれぞれに対応し、複数の変調のそれぞれを使用してバーストを変調するステップを有する。

【0016】補足的な形態では、本発明は復調方法を特徴とし、復調器への複素数シンボルを受信し、複素数シンボルは複数の変調のそれぞれを使用して復調され、受信されている複素数シンボルの利得評価を獲得し、受信されている複素数シンボルのタイミング評価を獲得し、受信されている複素数シンボルの位相評価を獲得し、受信されている複素数シンボルの周波数オフセット評価を獲得し、イコライザを使用して符号間干渉を最少にし、マルチ変調スライサを使用して複素数シンボルを複数のコンステレーションのそれぞれへマッピングし、複数の各コンステレーションは複数の変調のそれぞれに対応するステップを有する。

【0017】付加的な形態では、本発明は復調器で受信された複素数シンボルの正確なパラメータ評価を行う方法を特徴とし、バーストから復調器への複素数シンボルを受信し、バーストは通信チャネルによって送信され、

記憶されている補間係数をプレ相関フィルタへロードし、記憶された補間係数は復調器により見られる通信チャネルの真のタイミングオフセットを表し、それによって通信チャネルは等化され、ロードされているプレ相関フィルタを使用してバーストから受信された複素数シンボルを相關し、バーストを検出し、検出されているバーストのパラメータを評価し、それによって評価ステップは等化されている通信チャネルによって行われるステップを有する。

10 【0018】さらに付加的な形態では、本発明は正確なパラメータ評価を可能にする復調器の獲得セクションを特徴とする。この獲得セクションは、通信チャネルによって送信されているバーストを含む複素数シンボルを受信するためのプレ相関フィルタと、プレ相関フィルタに結合されたバースト検出器と、バースト検出器に結合されているパラメータ評価器とを含んでいる。獲得セクションはまたパラメータ評価器に結合されているイコライザと、イコライザおよびプレ相関フィルタに結合されている係数メモリとを含んでいる。

20 【0019】【発明の実施の形態】本発明を実施する現在において考えられる最良のモードの以下の説明は発明を限定する意味でなされたものではなく、単に本発明の一般的原理を記載する目的で成されたものである。本発明の技術的範囲は特許請求の範囲を参照することによって決定されなければならない。

【0020】先ず、図1を参照すると、本発明の1実施形態によるマルチ転送モード、マルチ変調の、1対多マイクロ波無線システム（以下、1対多システムと言う）

30 アーキテクチャの概略図が示されている。1対多システム100は中央局102、公衆電話交換ネットワーク（PSTN）104、インターネットサービスプロバイダ106、およびその他のネットワーク108を含んでいる。1対多システム100はまたそれぞれマルチモードハブ端末112（以下、ハブ端末と言う）およびそれと関連する多数のマルチモード遠隔端末114（以下、遠隔端末と言う）を有するハブサイト110を含んでいる。多数の遠隔端末114は多数のセクター116（ピースライス）内に配置される。ハブ端末112は多重通信リンク118を介して多数の遠隔端末114に結合されている。1対多システム100はさらに転送ネットワーク120およびエレメント管理システム（ESM）122を含んでいる。

40 【0021】公共交換電話ネットワーク（PSTN）104、インターネットサービスプロバイダ106、転送ネットワーク120（バックホール[backhaul]とも呼ばれる）および他のネットワーク108は中央局102に結合されている。転送ネットワーク120は中央局102をハブサイト110およびエレメント管理システム122に結合している。ハブサイト110に位置する各ハブ端末は通信リンク118によりセクター中の各遠隔端末114と通信する。

【0022】本明細書を通じて、特定の装置、すなわち1対多通信システムを記載した技術が使用されている。用語“マルチ変調（装置）”を使用するとき、複数の変調を使用することのできる装置を意味している。用語“マルチ転送モード（装置）”を使用するとき、同期信号（例えばTDM信号）および非同期信号（例えばATM信号）のようなマルチ転送モード信号をサポートすることのできる装置を意味している。用語“マルチモード（装置）”を使用するとき、マルチ変調およびマルチ転送モードの両方の特徴があることを意味している。さらに、信号の技術が、1対多システムを通って転送される種々の形式のトラヒックを一般的に記述するために使用される。

【0023】本発明のこの実施形態によれば、競合するローカル交換機キャリア（CLEC）は1対多システム100を使用して遠隔端末114において1対多システムとインターフェイスする加入者に種々のサービスを提供する。中央局102は1対多システム100との間のサービスのための音声およびデータスイッチ、ならびに多重化装置を提供し、一方、エレメント管理システム122（以下単にEMSと呼ぶ）は1対多システムを管理し、中央局102におけるスイッチおよびハブサイト110および遠隔端末14における種々のエレメントを制御する。

【0024】中央局102は、公共交換電話サービス104、インターネットサービス、および他の交換搬送およびデータ配達システムのような他のネットワーク108を含む加入者に与えられたサービスに結合される。したがって、1対多システム100は、遠隔端末114における加入者に対するデータ、音声、およびビデオを含むマルチメディアサービスを提供する。転送ネットワーク120は中央局102とハブサイト110における各ハブ端末112との間で情報を分配する。

【0025】1対多ハブサイト110は多元チャネルおよび遠隔端末114（図2でさらに説明する）を含む加入者構内の位置に応じて各セクター116に対して1以上のハブ端末112を備えている。各ハブ端末はチャネルの1つのサブチャネルを支持する。各サブチャネルは全体の周波数帯域幅またはチャネル帯域幅のサブセットである。説明を簡単にするために、図1のセクター116当たりただ1つのハブ端末112（これはまたセクター無線として示されている）が示されている。各ハブ端末112（セクター無線）は通信リンク118を介して同様にセクター無線である遠隔端末114と通信する。加入者は加入者インターフェイスまたはサービス特定インターフェイスモジュール（以後SSIモジュールと呼ぶ）を通じて遠隔端末114に接続されることができる。T1またはE1ラインおよび以下さらに説明するその他の通信ラインは、SSIモジュールから加入者装置へ延在している。T1またはE1ラインは通信技術ではよく知られており、したがって、ここでさらに説明はしない。

【0026】示された実施形態の1対多システム100は時分割多元接続／時分割多元接続（TDMA/TDMA）方式で通信リンク118で有効に送信する。これはダウンリンク方向（ハブ端末112から遠隔端末114へ）において無線インターフェイスが時分割多元接続リンクであり、アップリンク方向において（遠隔端末114からハブ端末112へ）無線インターフェイスが時分割多元接続リンクであることを意味する。これは従来技術の1対多システムと異なっている。従来技術では時分割多重（TDM）方式で送信し、または連続的にダウンリンク方向に送信する。ダウンリンクにおけるTDMAの使用（不連続伝送とも呼ばれる）はハブ端末における切替えピームアンテナ（セクター化されたアンテナでもよい）の配置を容易にする。切替えピームアンテナは干渉を減少させ、図3の（A）、（B）、および図15を参照に詳述するように伝送距離を増加させる。その代りに、1対多システム100はダウンリンクにおいて連続伝送を使用してもよい。しかしながら、好ましい実施形態で理想的に使用されたような切替えピームアンテナは使用することができない欠点がある。

【0027】ダウンリンクにおけるTDMA方式の動作に加えて、この実施形態の1対多システムは多元転送モードを使用して信号を搬送するように構成されている。とくに、この実施形態の1対多システムは非同期信号すなわち、非同期転送モードのような非同期で伝送される信号、および同期信号、すなわち時分割多重（TDM）のような同期的に送信される信号とインターフェイスすることができる。非同期信号は特定の時間に関係なく送られる信号であり、ヘッダ情報に基づいて導かれる。一方同期信号は特定の時間にしたがって送られ、受信された時間に基づいて導かれる。従来技術の1対多システムは全て同期（例えばTDM）か、或いは全て非同期（例えばATM）であり、したがって、TDMとATMの両者が使用されるときには従来技術によれば2組の冗長インフラストラクチャが必要とされる。両方の転送モードをサービスするシステムを有することは特に有効である。それは良好に確立されているTDMベースの音声サービスの利点を加入者が得られるだけでなく、高速度のデータおよびマルチメディアのATMサービスを利用することができますが、これらの転送モードは共に1対多システム100を構成する単一のインフラストラクチャインフラストラクチャを使用して利用することができる。1対多システムがどのようにしてATMベースおよびTDMベースの通信を行うことができるかについては以下さらに詳細に説明する。

【0028】本発明の実施形態である1対多システムのハブ端末112（セクター無線装置である）および遠隔端末114（同様にセクター無線装置である）はバースト単位ベースでマルチ変調モードを使用して送信することのできるエアフレームフォーマットを生成するマルチ変調モ

ムを含むことが有効である。すなわち、单一のハブ端末112は1つの変調モードを使用して1つのバーストを送信し、次のバーストを別の変調モードを使用して送信する。これはハブ端末112が、どのような変調モードが遠隔端末114のそれぞれにより使用されているか、或いはどの領域にそれがあるかに関係なく特定のセクター116における遠隔端末114の全てに対して送信することを可能にする。

【0029】従来の1対多システムにおいてはn個の無線装置（ハブ端末112）がセクター116内のn個の変調モードに対して必要とされ、それによってn個の無線装置のそれぞれが異なった変調モードを使用して送信している。また、所定のセクター内のマルチ変調モードの使用は一般的に実用されているものとしては例外的なものである。反対に、高次の変調モードはチャネル状態が高品質の場合にのみ使用されることができる。それ故、これらの高次の変調モードは通常比較的ハブ端末112に近い遠隔端末114と通信を行うために使用されている。他方、遠隔端末114がはるかに離れた場所にあるとき、ピットエラー率を減少させるためにもっと頑強な変調モードが必要とされている。また、2以上の領域が各セクター116内で定められ、各領域の遠隔端末114は十分に低いピットエラー率が得られる高次の変調モード（最大ピット／秒/Hz）を使用する。その結果として、従来技術の1対多システムは、マルチ転送モードのためにセクター116当たり多数のハブ端末112を必要とするばかりでなく、また、さらに、マルチ変調モードをサポートするためにセクター116当たり多数のハブ端末112を必要とする。したがって、例えば、セクター116当たり6個のハブ端末112がセクター116当たり2つの転送モードおよび3つの変調モードをサポートするために必要とされる（例えば1:1の冗長システムが使用される場合には多数のハブ端末を二重にする冗長についての考察に耐えられない）。本発明の実施形態の1対多システムの種々のコンポーネントはマルチ転送モードおよびマルチ変調モードを処理するように構成され、本明細書を通して記載されている。

【0030】このように、ハブ端末112および遠隔端末114は非同期転送モード（ATM）および同期転送モード（TDM）の両者を使用する信号の送信および受信を行うことができる。さらに、ハブ端末112および遠隔端末114は、TDMA/TDMAエアインターフェイスフレームフォーマット内のバースト単位ベースで直角位相シフトキーイング（QPSK）、16-直角位相振幅変調（16-QAM）および64-直角位相振幅変調（64-QAM）のような複数の変調モードを使用するこれらの信号を変調および復調することができる。システムはこれらの変調に限定されず、例えば、BPSK、32-QAM、128-QAM、256-QAMに対しても構成することもできる。

【0031】典型的に、1対多システムは大都市区域または限定された区域の市内またはビジネスパーク内で動作する。そのような区域では潜在的な加入者が集中している。高速同期光ネットワーク（SONET）リングのような転送ネットワーク120は限定された区域にわたって広がっている。SONETリングは技術的によく知られている。ハブサイト110はまた定められた区域を通過して広がり、転送ネットワーク120に接続されている。中央局102はSONETリジングを介してハブサイト110においてハブ端末112に与えられるサービスを交換する。各ハブ端末112はハブサイト110を収容するハブサイトの建物内に位置し、転送ネットワーク120に接続されている屋内装置（またチャネル処理装置と呼ばれている）を備えている。各ハブ端末112は、通常ハブサイトの建物の屋根上に配置されている屋外装置（またトランシーバと呼ばれている）を有している。ハブ端末112の屋外装置は、通常加入者構内の屋根上に配置されている遠隔端末114の対応する屋外装置と通信する。遠隔端末112の屋外装置は、通常加入者構内の遠隔端末114の屋内装置と通信する。加入者は、遠隔端末114の屋内装置中に設置された複数のサービス特定インターフェイスモジュール（SSIモジュール）の1つにより1対多システムにインターフェイスしている。

【0032】各ハブ端末112とそのそれぞれの遠隔端末114との間の通信リンク118は視線マイクロ波無線通信リンクであり、それ故通信リンク118はハブ端末112によって選択された変調モードにしたがって距離により制限される。例えば、QPSKにより変調された信号は許容できるピットエラー率（BER）、例えば約 10^{-12} 以下にするためには典型的に約3kmしか伝播しない。64-QAMにより変調された信号は許容できるピットエラー率ではそれより遙かに少ない距離（すなわち100m）しか伝播しない。さらに、マイクロ波無線信号は、屋外装置またはトランシーバ装置の送信パワー出力により制限される。この実施形態の通信リンク118はマイクロ波無線信号を使用しているが、本発明は、マイクロ波信号に限定されないその他の種々の形態で、むしろ、潜在的にはワイヤライン、ケーブル、および電力ライン通信リンクのような技術的に知られている他の媒体（または媒体の組合せ）¹で構成されても良いことを理解すべきである。さらに、1対多システム100は地上用に限定されない。1対多システムはハブサイトおよび遠隔端末がそれらの間に衛星リンクを有する地上局であつてもよい。したがって、マルチ転送モード、マルチ変調通信の概念は全ての形態の1対多システム通信に拡張される。

【0033】図2を参照すると、図1に示された実施形態にしたがった1対多マイクロ波無線システム200が示されている。1対多システム200中の遠隔端末114（マルチモード遠隔端末）は、屋内装置202、サービス特定

インターフェイスモジュール（以下SSIモジュールと呼ぶ）204、屋外装置206、装置内リンク208および通信リンク210を具備している。ハブサイト110のハブ端末112（マルチモードハブ端末）は、屋外装置212、ハブ屋内装置214、装置内リンク216、デジタル信号3TDMSSIモジュール（以下TDM-DS3SSIモジュールと呼ぶ）218、ATM光搬送波レベル3cSSIモジュール（以下ATM-OC3cSSIモジュールと呼ぶ）220、DS3ライン222、OC3cライン224、DS3トランスペアラントSSIモジュール（図示しないがハブサイト110に含まれている）、およびTDMマルチブレクサ（TDM MUX）226とオプションのATMマルチブレクサ（ATM MUX）228とを含むオプションの伝送装置252を具備している。伝送装置252は転送ネットワーク（バックホールとして知られている）246を通って中央局102に結合されている。中央局102は、オプションのTDMマルチブレクサ230、オプションのATMマルチブレクサ232、データスイッチ234、音声スイッチ236、DS1/DS2ライン238、OC3c/OC12cライン240、専用ライン250およびEMS122内のエレメントマネージャ244を具備している。共通装置248は残りのハブ端末112を含んでいる。

【0034】加入者は、加入者構内の遠隔端末114を通って1対多システム200とインターフェイスする。SSIモジュール204はサービス特定インターフェイスポートまたはスロット（以下SSIポートと呼ぶ）に挿入され、それは遠隔端末114の屋内装置202（またはチャネル処理装置）のシャーシ中に組込まれる。

【0035】遠隔端末の屋内装置202（チャネル処理装置）は加入者構内に配置されている。遠隔端末114の屋内装置202は、SSIモジュール204を通って加入者と1対多システムとの間のトラヒックを多重化する。屋内装置202は、装置内リンク208に結合され、マルチ変調モデム、エアフレームフォーマット論理装置（図9のマルチ変調モデムおよびバースト制御装置内）および加入者インターフェイスマルチブレクサ機能を1つの装置中に含んでいる。遠隔端末114の各屋内装置202（チャネル処理装置）は4個のSSIポートを有し、複数の異なる加入者に対してインターフェイスし、或いは、例えば図22乃至29を参照に説明するようにサービス特定インターフェイスモジュール204をT1またはE1にインターフェイスすることを可能にする。SSIモジュール204は屋内装置202のプロセッサと接続され、同期信号（例えばTDM）および非同期信号（例えばATM）を屋内装置202中に多重化する。SSIモジュール204はTDMおよびATMトラヒックをマルチ転送モードセルバス（図16乃至20参照）に多重化する。さらに付加的に、SSIモジュールは特有のTDMバッファ技術（図44乃至50参照）およびATMアドレスフィルタリング技術（図34乃至36参照）を実行し、SSIモ

ジュールがATMおよびTDMトラヒックをマルチ転送モードセルバスのためにフォーマット化することを可能にする。マルチ転送モードセルバスはバスフレームフォーマット（図16参照）を有し、TDMセルおよびATMセルの両者が交換可能にそこに配置されることを許容する。

【0036】したがって、1対多システムの残りの部分はTDMおよびATM転送モードの両者を使用する信号を転送のために変更する必要がない。SSIモジュール（遠隔端末114およびハブ端末112における）のセルフォーマッタ（信号フォーマッタとも呼ばれる）はTDMトラヒックまたは信号をTDMセルにフォーマット化し、それは標準的なATMセル（すなわち53バイト）と同じ大きさである。したがって、SSIモジュール204のセルフォーマッタはTDMセルおよびATMセルを1対多システムの残りに対して同じ形式のセルであるように見えるようにフォーマット化するが、しかしながら、SSIモジュールはTDMセルおよびATMセルを受信通信端末のSSIモジュールにおいて識別されるようになります。したがって、マルチ転送モードセルバスは、セルがTDMセルであるかATMセルであるかを識別することなくセルを伝送する。マルチ転送モードセルバス上の混合されたトラヒック（TDMおよびATMセル）は、通信リンク210で伝送するために対応するエインターフェイスフレームフォーマット（図5および16参照）に直接マップされる。混合されたトラヒックは通信リンク210上で受信され、エインターフェイスフレームフォーマット（図16参照）からマルチ転送モードセルバスフレームフォーマットにマップされて戻される。マルチ転送モードセルバスは混合されたトラヒックをSSIモジュール204に伝送し、そこにおいてSSIモジュール204のセルフォーマッタは分別してATMセルからTDMセルを分離する。TDMセルは通常TDMシステムで行われているように時間計画によるタイムスロットにしたがって分別され、一方ATMセルはヘッダ情報にしたがって分類される。それ故、1対多システム200は特有のフレーム構造においてTDMデータおよびATMセルをフォーマットし、それらをSSIモジュール204において1対多システム200との間に多重化する（SSIモジュールの詳細については図22乃至29参照）ことによってTDMおよびATMの両者を伝送することができる。この動作の詳細については本明細書全体を通じて説明されている。

【0037】遠隔端末114の屋内装置202はさらに光ファイバ拡張モジュールをサポートし、それは拡張屋内装置に接続できるようにSSIポートの1つにプラグ接続される。これは遠隔端末114の屋内装置202によりサポートされることのできる加入者インターフェイス（すなわちSSIモジュール）の数を直線的に増加させることを可能にする。光ファイバ拡張モジュールおよび拡張屋

内装置は図37乃至39を参照に後述する。

【0038】遠隔端末114の屋外装置206(ODU)(またはトランシーバ)は通常加入者構内の屋根上に設置されている。遠隔端末114の屋外装置206は装置内リンク208を介して遠隔端末114の屋内装置202と通信し、また、マイクロ波無線通信リンク210である通信リンクによりハブ端末112と通信する。遠隔端末114の屋外装置206は、アンテナ、電力増幅器、低雑音受信機、変換器、装置内リンクインターフェイス、および整列構造を備え、図9でさらに説明されている。

【0039】装置内リンク208(IFL)は遠隔端末114の屋内装置202(チャネル処理装置とも呼ばれる)を遠隔端末の屋外装置206に接続する单一の同軸ケーブルを含み、図7を参照にさらに説明する。装置内リンク208は遠隔端末114の屋外装置206を動作させるためのDC電力、制御信号および基準周波数を伝送する。装置内リンク208は、遠隔端末114の屋外装置206から遠隔端末114の屋内装置202への伝送に70MHzの周波数を使用し、遠隔端末114の屋内装置202から遠隔端末114の屋外装置206への伝送に160MHzの周波数を使用する。

【0040】通信リンク210またはエAINターフェイス210は38GHzのマイクロ波無線チャネルである。本実施形態の1対多システム200は、広範囲の周波数帯域が使用可能であるが、次のような周波数をサポートする。すなわち、5.8GHz, 24GHz, 28GHz, および38GHzである。本実施形態のチャネル化は50MHzのチャネルを、それぞれ12.5MHzで、10Msp/sのシンボル速度で動作する4つのサブチャネルに分割する。さらに1対多システムは、2以上のハブ端末12が各セクター内にあり、同じ10Msp/sのシンボル速度を使用するように多数の50MHzチャネルを使用することもできる。チャネル化は50MHzのチャネルを4つのサブチャネルに分割し、特定のシンボル速度を使用するものに限定されるものではない。広範囲のチャネル帯域幅が選択可能であり、種々のシンボル速度を使用する広範囲の種々のサブチャネルに分割されることができる。また周波数の再使用能力を使用して図3の(A)および(B)に示されるように多数の周波数チャネルに対して使用することができる。

【0041】上述のように、1対多システム200は、アップリンク方向およびダウンリンク方向の両方向にTDMA/TDMAフォーマットで通信リンク210を通って動作することができる。送信された信号はTDMおよびATMトラヒック両者を含み、それらは同じエAINターフェイスフレームフォーマット内で混合される。信号はバースト単位ベースでマルチ変調モードを使用して変調される。本実施形態では、直角位相シフトキーイング(QPSK)、16-直角位相振幅変調(16-QAM)および64-直角位相振幅変調を使用して送信す

る。1対多システムは全部で3つのバーストタイプを同じTDMAフレームでサポートする。実際には、QPSKは遅いビット速度で動作し、システムの距離を増加させるために使用され、64QAMは良好なスペクトル効率のためにより近い遠隔端末に対して使用され、16QAMは理想的には中間距離の遠隔端末114に対して使用される。(しかしながら、本実施形態の特徴は、マルチ変調モードの利用がマイクロ波範囲で特に有効であり、この範囲のチャネルは雨フェーディングで距離により急速に劣化する傾向があり機能するために視線が必要であるからであることに注意すべきである。)さらにエAINターフェイスフレームフォーマットにおけるバーストは異なった大きさで混合され、エAINターフェイスフレームフォーマット内で整合する(図5参照)。

【0042】1対多システム200のハブサイト110は、マルチセクター、マルチ周波数セルをサポートし、各セクターはサブチャネルを使用して少なくとも1つのハブ端末112(セクター無線)によりサービスされている。それは2つの主コンポーネント、すなわち、ハブ端末112(マルチモードハブ端末と呼ばれる)および伝送装置252から構成されている。ハブ端末112はさらに図9および10を参照にしてさらに後述する。1つのハブ端末112は図2に示されており、一方、残りのハブ端末は共通装置248として示されている。各ハブ端末112は、遠隔端末114がマルチ転送モードを使用し、およびマルチ変調モードを使用して信号を送受信するのと同様にマルチ転送モード信号(例えばATMおよびTDM)を送受信する。各ハブ端末112(セクター無線)は1つのチャネル処理装置214(屋内装置214)および1つのトランシーバ装置212(屋外装置212)を有している。屋外装置212を有するハブ端末112は、特定のセクター内の全ての遠隔端末114と通信することができ、それは遠隔端末114がハブ端末112に対して配置された位置に無関係である。これはセクター当たりの領域当たり1個の無線装置を必要とする従来の1対多システムに対する改良である。すなわち、従来の1対多システムはn個の無線装置を必要とし、ここで、nはセクターの数とそのセクター中の領域の数との積に等しい。本発明の実施例では、領域の数に關係なくセクター当たり1個の無線装置しか必要としない。

【0043】セクター内の領域(ピースライス)は一般にハブ端末から2つの距離の間の区域と考えることができる。しかしながら、領域は、遠隔端末の受信機とハブ端末の受信機とにおいて得られるチャネル品質によってさらに正確に定められる。すなわち、遠隔端末はチャネル品質にしたがってグループ化され、高いチャネル品質で受信する遠隔端末は“近い”領域にあるとされ、低いチャネル品質で受信する遠隔端末は“遠い”領域にあるとされる。チャネル品質は一般的に半径距離に対応するから、これらの用語は“領域”的表現とし

て使用される。例えばハブ端末に非常に接近した位置（1000mまで）の遠隔端末は1つの領域中にあり、一方、離れた端末（例えば3km）は別の領域にある。両方の遠隔端末は同じセクターにあるが、ハブ端末から異なった距離にある。したがって、高次の変調（より大きいビット/秒/Hzを必要とする）は近い遠隔端末114とハブ端末112との間で可能であり、一方、低次の変調（より小さいビット/秒/Hzを必要とする）は遠い遠隔端末との間の通信に必要とされる。

【0044】この実施形態は従来技術のシステムを改良し、この実施形態では各セクター内の各領域に対して1個のハブ端末を必要としない。その代りに、各ハブ端末112はマルチ変調モードを使用して送信することができ、したがって、遠隔端末が位置している領域に関係なくそのセクター内の全ての遠隔端末と通信することができる。

【0045】ハブサイト110は、転送ネットワーク246に対してTDMマルチプレクサ226およびATMマルチプレクサ228を含む伝送装置252を有することができる。伝送装置252はこの実施形態では光学的であり、もしも、伝送装置252がハブサイトに位置していなければ、同様の装置が中央局102に配置される。

【0046】さらに、集線装置はこの設計のハブ端末では必要ない。従来技術のシステムでは、集線装置が集中したトラヒックを別々のトラヒック流に分割し、各トラヒック流は異なって変調されたハブ端末112に送られる。本実施形態の単一のハブ端末はバースト単位ベースの複数の変調を使用して送信するため、集線装置は必要ない。集中したトラヒックは単にハブ端末112に直接送られ、そのハブ端末112はエアで多重化されたトラヒックを送信する。

【0047】ハブ端末112の屋外装置212（トランシーバ装置）は遠隔端末114の屋外装置206と同じである。ハブ端末の屋外装置212は一体化された38GHzトランシーバおよびアンテナを備えている。送信および受信帯域は遠隔端末114の屋外装置206の送信および受信帯域に関して掃引される。ハブ端末112の屋外装置212は典型的にはハブサイト110が配置される建物の上部に位置されている。

【0048】遠隔端末114の屋内装置202と同様に、ハブ端末112の屋内装置214（チャネル処理装置）は装置内リンク216によってハブ端末112の屋外装置（トランシーバ装置）212に接続されている。装置内リンク216は単一の同軸ケーブルであり、屋外装置212に対する電力を供給し、また基準周波数、アップリンクおよびダウンリンク中間周波数信号およびテレメータリンクを供給する。

【0049】ハブ端末112の屋内装置214は遠隔端末114の屋内装置202と類似している。屋内装置214はまた、マルチ変調モードを使用するマルチ転送モードをサ

ポートする。屋内装置214は、中間周波数トランシーバセクション、チャネルおよび制御プロセッサ、および伝送装置252に対する3つのタイプのインターフェイスを備えている。第1のタイプのインターフェイスは図23に記載されたTDM-DS3SSIモジュール218であり、TDMトラヒックを伝送するためのTDMマルチプレクサ226に対するDS3接続をサポートする。第2のタイプはDS3トランスペアラントSSIモジュール（図示せず）である。図26に記載されたDS3トラン10スペアラントSSIモジュールはハブ端末112と遠隔端末114との間の地点間リンクを意図するものである。この地点間リンクは無線の全帯域幅（例えば12.5MHz）を使用し、地点間リンクが1対多システム内に生成される（図26参照）ことで特徴がある。第3のタイプは図25に記載されているATM-OOC3cSSIモジュール220であり、ATMマルチプレクサ228に対するATMセルによるトラヒックを伝送するために使用される。ハブサイト110およびハブ端末112は図14および15を参照にしてさらに詳細に説明する。DS3はデジタル信号レベル3であり、OOC3cは連結された光搬送波レベル3であり、それら両者は通信技術でよく知られていることに注意されたい。

【0050】ハブ端末112は1:1の冗長スイッチングによりサポートされる。各ハブ端末112では1つの冗長屋外装置（206, 212）および屋内装置（202, 214）が存在する。例えば、もしも、ハブ端末112の屋内装置214またはハブ端末112の屋外装置212のいずれかが故障した場合には、屋外装置（図示せず）および屋内装置（図示せず）を含むバックアップ用のハブ端末（図示せず）30が自動的に切替えられて故障したハブ端末112に置換される。したがって、各ハブ端末112に対して1つのバックアップ用のハブ端末が必要とされる。1:1冗長システムは図14に示されている。

【0051】その代りに新しい1:N冗長システムが同じセクター内のハブ端末112に対して使用されることができ、図42を参照にして説明されるように同じアンテナプロフィールを有する。

【0052】伝送装置252はハブ端末112の全ての屋内装置214からのトラヒックと転送ネットワーク246との間のトラヒックを多重化する。TDMベースおよびATMベースの両方の多重化はTDMマルチプレクサ226およびATMマルチプレクサ228を使用することにより行われる。上述のように、転送ネットワーク246は同期光ネットワーク（SONET）リングでよい。SONETリングは定められた区域にわたって地下を走る光ファイバケーブルのリングである。それは同期（TDM）または非同期（ATM）トラヒックを伝送する高速伝送媒体である。

【0053】別の実施形態では、バックホールワイヤラインが伝送装置252から転送ネットワーク246（または

バックホール設備)への無線通信リンク (図示せず)により置換される。この無線通信リンクは、ハブ端末112と各遠隔端末114との間の通信リンク210に非常に類似したマイクロ波通信リンクであってもよい。例えば第1の12"アンテナのようなアンテナは伝送装置252に結合され、対応するアンテナ、例えば第2の12"アンテナが伝送ネットワーク246に結合される。アンテナは非常に狭いビーム幅(例えば2乃至3度)を有し、広い角度のアンテナよりも遙かに大きい距離の通信を可能にする。この実施形態は、ハブサイト110と伝送ネットワーク246との間で約5乃至10マイルの距離に対して可能である。

【0054】中央局102は1対多システム200に対するスイッチングを行い、エレメント管理システム122(E MS)を備えている。伝送装置はその代りに中央局に配置され、構成が依存している。その代りにEMS122は中央局102には含まれない。中央局102の伝送装置はT DMトラヒックのために使用されるT DMマルチプレクサ230、ATMトラヒックのために使用されるATMマルチプレクサ232、データスイッチ234、音声スイッチ236、DS1またはDS3ライン238、OC3c/OC12cライン240、およびSTM-1ライン(図示せず)である。他の専用ライン250はP STN、インターネットサービスプロバイダ、およびインターネットエンジキャリアのような他のデータ配信システムに結合されている。データスイッチ234および音声スイッチ236はT DMマルチプレクサ230およびATMマルチプレクサ232に送られるデータおよび音声信号を制御する。DS1ライン238はT 1ラインまたはE 1ラインであり、一方DS3ライン238は28のT 1流のグループを伝送する。OC3c/OC12cライン240はATMの特別ラインである。STM-1ラインはまた1対多システム100のヨーロッパバージョンで使用される。STM-1ラインはATMまたはT DMモードのいずれかで動作するように構成される。例えばT DM STM-1ラインはDS3ライン222および238で置換され、一方ATM STM-1ラインはOC3c/OC12cライン224または240で置換される。伝送装置および各種ラインは技術的によく知られている。

【0055】中央局102のエレメント管理システム(EMS)122はエレメントマネージャ244を含み、このエレメントマネージャ244は1対多システムに対するオフ・ザ・ネットワーク(ネットワーク以外の)管理機能を実行する。物理的にエレメントマネージャ244は大型の地理的ディスプレイを含む1対多システムに対して使用されるUNIXベースのワークステーションである。オペレータはEMS122から1対多システムネットワークを構成し監視することができる。1実施例において、EMS122は広域ネットワーク(WAN)を使用して1対多システム中のハブサイト110の全てと通信する。WA

Nは各ハブサイト110のLANにWANを結合する各ハブサイト110に配置された構内ネットワーク(LAN)ルータを通じて各ハブサイト110と通信する。これは通常の方法であり、それにおいて、EMS122はハブサイト110を管理する。LANルータは図14に示されている。ハブサイトのLANはハブ端末112の屋内装置214と通信する(図14参照)。ハブのLANからWANへの転送はしばしば別の地上ラインのT 1ラインであり、または代りに以下説明するようにDACS230に多重化されることがある。

【0056】別の実施形態ではエレメント管理システム122は帯域内ネットワークを使用して、転送ネットワーク246(バックホール)を通して送られるメッセージにより1対多システム200のハブサイト110と通信する。メッセージは転送ネットワーク246およびATMマルチプレクサ228を通じてAAL5(ATM適応層レベル5)を使用してTCP/IPまたはフレームリレーデータのいずれかとして送られる。ATM OC3cSSIモジュール220は図25に記載されているようにメッセージを受信する。この方法は、別々の地上ラインを通して通信する従来のシステムと異なっている。これは非常に経済的であり、ハブサイト110のLANと通信するために広域ネットワークのためのハブサイト110に別々の地上ラインを維持する必要がない。

【0057】さらに、1対多システムは本明細書全体にわたって好ましい実施形態においてマルチ転送モード能力およびマルチ変調能力の両方を有するものとして記載されていることに注目すべきである。1対多システムは両方の能力を有する1対多システムに限定されることを意図するものではない。例えば、1対多システムの1実施形態は、マルチ変調能力を有することなく、マルチ転送モード信号(例えば、同期および非同期)を送信および受信するように構成されることもできる。この実施形態はマルチ変調モデルを必要とせず、技術的に知られている単一変調モデルを含むことができる。別の実施形態では、1対多システムはマルチ変調能力を有し、マルチ転送モード能力を有しない。そのような実施形態では、特に設計されたSSIモジュールおよびマルチ転送モードセルバスが変更されずに動作できる。したがって、ハブ端末および遠隔端末は1つの実施形態ではマルチ転送モード無線装置を具備し、別の実施形態ではマルチ変調無線装置を具備するように構成されることがある。

【0058】この実施形態は、伝送装置252、転送ネットワーク246、および中央局102のコンポーネントのような通常の装置と十分に両立できる。1対多システム200はさらに、既存のサービスおよびインターフェイスをサポートするが、しかしながら、通常のSSIモジュールはマルチ転送、マルチ変調システムとインターフェイスするために修正されなければならない。システムの使用および動作を可能にする1対多システムのこの実施形

態の個々の特徴については以下説明される。

【0059】次に、図3の(A)および(B)を参照すると、マルチ変調モードをサポートするハブサイトにおけるマルチチャネルによる周波数再使用を示している図2に示された1対多システムにおいて使用されたチャネル化が示されている。図3の(A)は、第1の周波数302と第2の周波数304とにより示された2つのチャネル(例えば50MHzのチャネル)の周波数の再使用を示している。第1の周波数302と第2の周波数304とはハブサイトにおける各ハブ端末によって、例えば第1のセクター306および第2のセクター308のような隣接するセクターにおいて使用される。その後、第1の周波数302は、例えば第3のセクター310のような別の交互に位置するセクターで再使用され、以下同様である。この別のセクターは次に隣接するセクターである。例えば第1の周波数302を使用する第3のセクターは第1のセクター306の交互に位置するセクターであり、一方、第2の周波数304を使用する第2のセクター308は第1のセクター306に隣接している。図3の(A)に示された第1のセクター306と第2のセクター308は90度のセクターである。

【0060】各セクター、例えば第1のセクター302と第2のセクター304は第1の周波数チャネルと第2の周波数チャネルの各周波数サブチャネルをサポートしている。各サブチャネルはその90度のセクター内でマルチ変調モード(例えば、QPSK、16-QAM、64-QAM等であるが、これらの変調モードに限定されない)をサポートする。これと対照的に、従来技術の周波数再使用はサブチャネル当たり1つの変調モードしかサポートせず、同じ周波数を使用する交互のセクターにおいて再使用されている2以上の変調モードをサポートしない。

【0061】この実施形態の周波数再使用は64-QAM変調をサポートし、この64-QAM変調は妨害に対して非常に敏感であるから特別の困難な問題を提起する。64-QAM変調のような高次の変調により周波数再使用を行うために、隣接したセクター中の交互のサブチャネルの送信による干渉を受けることなく送信するために、各セクター内のサブチャネルを使用する各ハブ端末においてセクター化されたアンテナが使用されなければならない。セクター化されたアンテナは図1および2のハブ端末の屋外装置で示されたのと同じアンテナとして使用される。さらに、セクター化されたアンテナは、同じ周波数を使用する交互のセクターにより妨害を受けることなく狭い幅のビームを送信するように減少された、或いは低いレベルのサイドローブを有していかなければならない。セクター化されたアンテナのサイドローブは64-QAM変調の使用をサポートするために十分に減少されなければならない。したがって、サイドローブはセクター化されたアンテナのビーム幅の1.5倍に

減少される。また、サイドローブはセクター化されたアンテナのピーク利得より下の35dBより大きくないような低いレベルとして、交互のセクターで使用されている周波数において64-QAM信号と干渉しないようにしなければならない。したがって、サイドローブの特性は64-QAMのような高次の変調により周波数再使用の利用を可能にする。

【0062】図3の(B)は2つのチャネルに対する同じ周波数の再使用を示しているが、しかしながら、第1のセクター306および第2のセクター308は45度のセクターである。再び、各セクターにおけるハブ端末は64-QAMを含むマルチ変調モードを使用して同じ周波数を使用する交互のセクターに干渉を生じることなく45度のセクターに送信するために十分に減少されたサイドローブを有するセクター化されたアンテナを有していなければならない。

【0063】代りに、この実施形態は90度および45度のセクターだけに限定されるものではなく、例えば、22.5度のセクターのような他の大きさのセクターが選択されることができる。さらに、異なった周波数を使用する両方のサブチャネルは同じセクター内に位置させることもできる。したがって、2個のハブ端末は各セクターにあり、それぞれ異なった周波数チャネルのサブチャネルで送信される。

【0064】[エAINターフェイス]図4を参照すると、この実施形態のTDMAスーパーフレームエAINターフェイスフォーマット400の概略図が示されている。アップリンクおよびダウンリンクの両方向において使用される1対多スーパーフレームフォーマット400は、N個のフレーム402を含んでいる。フレーム402の特徴は、以下に説明される。スーパーフレームフォーマットは、図11および12に示されているマルチ変調モデルにおいて生成される。

【0065】次に図5を参照すると、図4の実施形態のスーパーフレームフォーマットのN個の各フレームに対応したエAINターフェイスフレームフォーマットの概略図が示されている。エAINターフェイスフレームフォーマット500は、オーバーヘッド部分502、スペア部分504、およびトラヒック部分506を含んでいる。トラヒック部分506は、QPSK Quadバースト508、16-QAM Quadバースト510、QPSK単一バースト512、64-QAM Quadバーストバースト512、および16-QAM単一バースト514を含んでいいてもよい。

【0066】図5のTDMAエAINターフェイスフレームフォーマット500は、図4に示されているスーパーフレームフォーマットにおけるN個のフレームの1つに対応している。この実施形態には、エAINターフェイスフレームフォーマット500は、TDMA転送およびATM転送の両方を行なうように設計されているという利点が

ある。同一のエAINターフェイスフレームフォーマット500でTDMおよびATM転送の両方を行うための鍵は、TDMトラヒックがATMセルと同じサイズを有する(図32および33参照)TDMセルにフォーマット化されることである。このフォーマット化は、遠隔端末およびハブ端末の両者の屋内装置のSSIモジュールで行われる。TDMセルおよびATMセルは共に、それらを区別するヘッダ情報を含んでいる。したがって、TDMセルおよびATMセルは、エAINターフェイスフレームフォーマット500に直接マッピングするバスフレームフォーマット(図16参照)上に多重化される。特に設計されたエAINターフェイスフレームフォーマット500は、混合されたトラヒック(ATMおよびTDM)を転送するのに必要な構造を提供すると共に、異なって変調されたトラヒックバーストを交換する専用の構造を提供する。

【0067】さらに、無線通信リンクの容量は、各トラヒックバーストに対して選択された変調モードの関数である。これは、エAINターフェイスフレームフォーマット500が使用される変調に応じた大きさにされた異なるサイズのバーストを有しているためである。ハブ端末の屋内装置および遠隔端末の屋内装置の両者のマルチ変調モードおよびバス制御装置は、図9、11および12に詳細に示されているようにエAINターフェイスフレームフォーマット500を生成するのに必要なエAINターフェイスフレームフォーマット化論理装置を含んでいる。

【0068】実際は、エAINターフェイスフレームフォーマット500は、アップリンクおよびダウンリンクにおいて同じであり、一方、従来技術の1対多通信システムは、ダウンリンクにおいて連続的な伝送(TDM)をサポートし、またアップリンクにおいて非連続的な伝送(TDMA)をサポートするエAINターフェイスフレームフォーマットを使用する。エAINターフェイスフレームフォーマット500は、システム管理および動的帯域幅割当のためのオーバーヘッド部分502を有している。このオーバーヘッド部分502は、QPSKバーストを含むタイムスロットを含んでいる。QPSKはこの実施形態によって使用される変調モードの最低次の変調(最小桁ビット/秒/Hz)であり、したがって一番遠い距離範囲を有しているため、オーバーヘッド部分502はQPSKバーストを含んでいる。したがって、地点間(1対1)システムにおける全ての遠隔端末は、オーバーヘッドメッセージを受信できるように少なくともQPSK変調バーストを受信するように設計される。以下、図8を参照してオーバーヘッド部分502をさらに詳細に説明する。オーバーヘッド部分502は、スペア部分504によってトラヒック部分506から分離されている。

【0069】TDMAエAINターフェイスフレームフォーマット500のトラヒック部分506は、遠隔端末およびハブ端末の間で

ペイロード(ATMセルおよびTDMセル)を伝送する。TDMAエAINターフェイスフレームフォーマットは、アップリンクおよびダウンリンクの両方で使用され、バースト・バイ・バーストで変調されたトラヒックをサポートする。この実施形態の1対多システムは、QPSK Quadバースト508、16-QAM Quadバースト510、QPSK単一バースト512、64-QAM Quadバーストバースト512および16-QAM単一バースト514をサポートする。この実施形態は、上記の変調に限定されず、それはまた、BPSK、128-QAM、256-QAMおよび32-QAMのような技術的に知られている他の変調をサポートするように構成されることができる。

【0070】トラヒック部分506内のトラヒックバーストは、異なったサイズであり、特定のバーストに対して選択された変調に応じた互いの整数倍として都合よく設計されている。その代わり、バーストは、整数倍ではなく互いの倍数として設計ができる。エAINターフェイスフレームフォーマットは、一般にトラヒック部分506にn個のQPSK Quadバーストを保持している。バーストの個数nは、以下さらに詳細に説明するように使用される周波数の関数である。したがって、QPSK Quadバースト508は、その長さがx個のシンボルであり、技術的に知られているようにquad DSOをサポートする。16-QAM Quadバースト510は、その長さがx/2個のシンボルであり、quad DSOをサポートする。QPSK単一バースト512および64-QAM Quadバーストバースト512は、それぞれその長さがx/3個のシンボルであり、单一のDSOおよびquad DSOをそれぞれサポートする。16-QAM単一バースト514は、その長さがx/6個のシンボルであり、单一のDSOをサポートする。DSOまたはデジタル信号レベル0は、通信分野において技術的に知られている用語であり、説明は不要である。

【0071】バーストのサイズ間の関係により、1対多システムは、同じ固定したサイズのエAINターフェイスフレームフォーマット500内で異なる変調モードを使用して異なるバーストを混合し、一致させることができるという利点がある。QPSK Quadバースト508の長さは、16-QAM Quadバースト510の2倍であり、QPSK単一バースト512または64-QAM Quadバーストバースト512の3倍であり、16-QAM単一バースト514の6倍である。また、エAINターフェイスフレームフォーマットがn個のQPSK Quadバースト508を保持できるならば、それは16-QAM Quadバースト510であれば2n個、QPSK単一バースト512または64-QAM Quadバーストバースト512ならば3n個、16-QAM単一バースト514の場合には6n個をそれぞれ

保持することができる。これらのサイズ関係によって、エAINターフェイスフレームフォーマット500において利用できる帯域幅が、非常に効率的に使用されることができる。これは、1つの変調モードだけを使用して変調される固定されたサイズのエアバーストを含む通常の1対多システムにおいて使用されるエアフレームフォーマットを逸脱する。

【0072】さらに、エAINターフェイスフレームフォーマット500は、多数の変調モードを使用するサイズが比例するようにされたトラヒックバーストを使用して送信するため、任意の1つの遠隔端末に対する伝送対象の変化は、再分配されるべき新しいタイムプランを必要としない。従来技術のシステムにおいては、遠隔端末は、タイムプランを使用することにより、どのタイムスロットを“聞く”べきかを通知される。したがって、新しい遠隔端末が追加または除去された場合、あるいは遠隔端末の1つのニーズが増加または減少した場合、タイムプランが変更され、全ての遠隔端末に新しいタイムプランが分配されなければならない。

【0073】この実施形態の利点は、各遠隔端末が各トラヒックバーストを受信するのに、新しいタイムプランを再分配する必要がないことである。単に、遠隔端末は、それらが復調するように構成されているトラヒック部分506の部分だけを復調する。たとえば、最も近い領域中の遠隔端末は、QPSKまたは16-QAMを使用するのではなく、64-QAMを使用しているトラヒックバーストだけを復調する。どのタイムスロットにおいて64-QAMバーストがトラヒック部分506内にあるのかは重要ではないことに注意されたい。それは、遠隔端末は、それがどのタイムスロットでも受信するためである。したがって、新しいタイムプランは不要であり、実際にタイムプランは全く必要とされない。したがって、遠隔端末はタイムプランとは無関係にバーストを受信することができる。これは、タイムプランを使用せずに、あるいはタイムプランから独立した要求割当多元接続の技術を示している。

【0074】この実施形態は、オーバーヘッド部分502におけるQPSK変調されたバーストによるメッセージ送信を行って、遠隔端末の屋内装置で一度復調されたトラヒックバーストを送る。全ての遠隔端末は、オーバーヘッドバーストを復調するように構成されている。しかしながら、マルチ転送モードセルバスのどのセルから出発すべきか(図22-29を参照されたい)をSSIモジュールが決定するために新しいタイムプランが送られるが、各遠隔端末がエAINターフェイスによってあるトラヒックバーストを受信するのに新しいタイムプランは必要ないことに注意されたい。さらに、呼出し時間のために必要なフレームは通常のタイムプランより1つ少ない。

【0075】好ましい実施形態において、エAINター

フェイスフレームフォーマット500の長さは6m秒であり、図4の48m秒のスーパーフレームフォーマット中には8フレームが存在する。6m秒のフレーム長は、125μ秒ごとに(8kHzにおいて)とられるTDMデータのDS0サンプルの48バイトに対応する。上記において簡単に述べたように、また以下さらに詳細に説明するように、マルチ転送モードの特徴の使用を可能にするために、TDMデータは標準的なATMセルに類似しているTDMセル中にフォーマット化される(図32および33を参照されたい)。それ故、TDMセルの適切なデータ部分を満たすためにDS0サンプルの48バイトが必要となり、したがってエAINターフェイスフレームフォーマット500は、トラヒックバーストを満たすのに十分なTDMバイトを集めるために長さが少なくとも $48 \times 125 \mu\text{秒} = 6\text{m秒}$ でなければならない。したがって、トラヒック部分506は、合計57のQPSK quadバースト508、114の16-QAM quadバースト510、171のQPSK単一バースト512または64-QAM quadバースト512、あるいは342の16-QAM単一バースト514、もしくはこれらのトラヒックバーストの種々の組合せに適合する。再び、所定の長さは全て、使用される周波数とトラヒックバースト中にフォーマット化されている使用されるデータセルの長さとの関数であるが、この実施形態はこれらの特有の長さに限定されない。

【0076】エAINターフェイスフレームフォーマット500は、バースト・バイ・バーストで3つの変調モードをサポートするため、単一のハブ端末(セクター無線)は、遠隔端末が位置しているのがセクター内のどの領域であるかにかかわらず、セクター中の全ての遠隔端末に送信することができる。たとえば、ハブ端末は、QPSKを使用して3km以内の最も離れた領域中の遠隔端末に送信し、一方64-QAMにより最も近い遠隔端末に送信し、中間領域中の遠隔端末に対して16-QAMにより送信を行い、これらは全て同じエAINターフェイスフォーマット400内にある。これは、各遠隔端末にとって可能な最も上位の変調(上位桁ビット/秒/Hz)を使用することによって通信チャネルの最も効率的な使用を可能にし、依然として満足できる品質を保持する。したがって、最も離れた領域にある遠隔端末は、利用可能な最も下位の変調(たとえば、QPSK)を使用し、一方、最も近い領域中の遠隔端末は利用可能な最も上位の変調(たとえば、64-QAM)を使用する。

【0077】図6を参照すると、図5のエAINターフェイスフレームフォーマットにおいて使用されるトラヒックバーストフォーマットの概略図が示されており、分割プリアンブル特徴を含んでいる。トラヒックバースト600は、ガード606と、RAMP608、第1の特有ワード610、第2の特有ワード611、第1のデータ/スペア部分612および第2のデータ/スペア部分614からなる

プリアンブル602、データ部分604およびパリティ606を含んでいる。プリアンブル分割長613もまた示されている。

【0078】トラヒックバースト600は、1つのフォーマットで一般的に示されているが、QPSK quadバースト、16-QAM単一バースト等のフォーマットを示すことを意図している。データ部分604ならびに第1のデータ/スペア部分612および第2のデータ/スペア部分614は、図7のAおよびBに示されているように、使用されるバーストのタイプに従って異なって分割され、またトラヒックバースト600の長さは選択された変調モードに応じて変化する。したがって、トラヒックバーストは、図5に示されたトラヒックバースト用のフォーマットを表す。1実施形態において、データ部分604、ならびに第1および第2のデータ/スペア部分612および614は、たとえば図32中の53バイトのATMセルや、図33の53バイトのTDMセル等の小さいサイズのデータセルを伝送するように設計されている。

【0079】トラヒックバースト600のプリアンブル602は、ガードd606およびRAMP608を含む完全に知られている部分から構成されている。しかしながら、従来技術のプリアンブルで使用された1つの特有ワードの代わりに、このプリアンブルは、特有ワードが第1の特有ワード610と第2の特有ワード611とに分割される“分割プリアンブル”であるという点でプリアンブル602は特有である。第1の特有ワード610および第2の特有ワード611は、第1のデータ/スペア部分612によって分離されている。

【0080】第1の特有ワード610および第2の特有ワード611は、示されているように分割されており、したがって図11および12のマルチ変調モードは、受信されたバースト中の周波数オフセットおよび位相オフセットを含むチャネル特性を正確に評価することができる。周波数および位相評価はマルチ変調モードにおいて行われる。図13には、第1の特有ワード610および第2の特有ワード611の特定の機能が示されている。第1の特有ワード610および第2の特有ワード611がプリアンブル分割長613からなる第1のデータ/スペア部分612によって分離されているという利点がある。

【0081】プリアンブル602は、各TDMAバーストに先行し、アップリンクTDMAバースト間の同期シンボルおよびガード時間を与える。図13において説明されるように、トラヒックスループットが最適化される。これは、トラヒックがデータ部分604、第1のデータ/スペア部分612および第2のデータ/スペア部分614内に含まれているためである。特定のバーストタイプ(図7のAおよびBに示されている)およびトラヒックバーストのサイズ(図5に示されている)ならびに、使用される変調モードに応じて、トラヒックバースト600は、第2のデータ/スペア部分614を含んでいなくてもよい

し、あるいは第2のデータ/スペア部分614は、データを含まざるスペアだけを含んでいてもよい。同様に、第1のデータ/スペア部分612は部分的なデータを含んでいるか、あるいはデータを含まざるスペアだけを含んでいてもよい。第1および第2のデータ/スペア部分612および614は、トラヒックスループットを最適化するためにデータ(またはトラヒック)を含んでいなければならないという利点がある。さらに、トラヒックバースト600は、示されているようにトラヒックバースト600の終わりに位置してもよいし、あるいはプリアンブル(示されていない)内に含まれてもよいパリティ606を含んでいる。RAMPおよびガードを含んでいる付加的なポスタンブル(示されていない)がトラヒックバースト600に追加されてもよい。述べてきたバーストは、quadバーストおよび単一バーストに制限されず、技術に知られているその他のタイプのバーストを含むことができる。

【0082】次に図7のAおよびBを参照すると、quadバーストおよび単一バーストの概略図が示されており、それらはそれぞれ図6に示されているトラヒックバーストのデータ部分およびデータ/スペア部分の一部分である。図7のAに示されているquadバースト700は、スペア702と、ヘッダ706およびデータ部分708から構成されているデータフィールド704とを有している。図7のBに示されている単一バースト710は、スペア702と、ヘッダ706およびデータ部分708から構成されている単一データフィールド704とを有している。

【0083】実際に、図7のAに示されているquadバースト700は、2つのバーストタイプの第1のものであり、第2のものは図7のBに示されている単一バースト710である。図32および33に示されているように、quadバースト700は、4つのデータセルを保持する4つのデータフィールド704を有し、一方単一バースト710は、1つのデータセルを持つ1つのデータフィールド704を有している。各データセルは、ヘッダ706とデータ部分708とを含んでいる。データフィールド704中のデータセルは、ATMセル(図32)または特別にフォーマット化されたTDMセル(図33)のいずれであることができる。

【0084】エAINターフェイスフレームフォーマットの重要な特徴は、それがATMおよびTDMデータの両者を伝送するように構成されていることである。標準的なATMセルは、長さが識別子のための5バイトとデータのための48バイトとからなる53バイトであるため、エAINターフェイスフレームフォーマットの各データフィールド704(quadバーストまたは単一バースト中の)は、長さが53バイト以上でなければならない。したがって、エAINターフェイスフレームフォーマットがTDMデータを伝送している場合、そのデータフィールドにおいて適合しているTDMセルもまた、長

さが53バイト以上である。図33において説明するように、データフィールド704内に含まれるTDMセルは、ATMセルと同様に、ヘッダ情報のために5バイトおよびデータのために48バイトを使用するという利点がある。データフィールド508を満たすために必要とされるTDMデータのDS0サンプルの48バイトによって、エアインターフェイスフレームフォーマットの長さが決まる。前述のように、データフィールド704を満たすのに十分なデータをサンプリングするために、長さが6m秒以上でなければならない(6m秒のエアフレーム中の48個の125μ秒(8kHz)のパルスコード変調(PCM)フレームに対応している)。設計者は、サンプルが採取される速度を変更でき、したがって最小のエアインターフェイスフレームフォーマット長が変更されることに注意されたい。ATMセルおよび特別に設計されたTDMセルの構造およびその利点をさらに詳細に見るために、図32および33を参照されたい。

【0085】データフィールド704およびスペア702は、データ部分604、第1のデータ/スペア部分612および第2のデータ/スペア部分614を含む図6のトラヒックバースト内のスペースを占有していることを示すこともまた重要である。トラヒックバーストがエアインターフェイス上で受信されたとき、トラヒックバーストの第1および第2のデータ/スペア部分612および614ならびにデータ部分604内のデータはマルチ変調モデムによって連結され、quadバースト700および単一バースト710に細分される。したがって、図7のAおよびBのスペア702およびデータフィールド704は、図6のデータ部分604ならびに第1および第2のデータ/スペア部分612および614にマッピングする。

【0086】さらに、quadバースト700および単一バースト710のデータフィールド704のデータ部分708(サブスロットとも呼ばれる)は、いくつかのモードの1つで多数のDS0からデータを伝送できる。図33、48および49に示されている実施形態において、いくつかのDS0からのデータは、データフィールド704内のTDMセルによって伝送されてもよい。TDMモードにおいて、DS0のPCMサンプルの48バイトは、適切なヘッダ706を有して伝送される。ヘッダ706は、チャネル関連シグナリングのようなシグナリングを含んでいる。さらに、TDMセルのヘッダ706は、それをATMセルから区別するためにATMヘッダ(VPI)を使用し、図33に示されている。quadバーストフォーマット700はまた、ATMセル(53バイト)が伝送されるDS0としてATMトラヒックを伝送することができる。その代わりに、25個のデータフィールド704は集められて、ATM適応層1(AAL1)においてDS1を伝送することができる。帯域幅は、ネットワークフレームタイミングとユーザの(潜在的に異なる)クロック速度との間の+/-200ppmクロックオフセット

を処理するのに十分である。

【0087】上述のように、エアインターフェイスフレームフォーマットは、それがATMトラヒックおよびTDMトラヒックの両方を伝送するようにフォーマット化され、一方、従来技術のシステムでは、ATMおよびTDM通信リンクに対して別個のエアフレームフォーマットが必要である。TDMデータは、ATMセルと同じサイズの特別に設計されたTDMセルにフォーマット化されている。したがって、エアフレームフォーマットはATMとTDMセルとを区別しない。SSIモジュールは、TDMセルをフォーマット化し、その後ATMセルと共にそれらをマルチ転送モードセルバスに多重化する。その後、マルチ転送モードセルバスのフレームフォーマットは、TDMAエアインターフェイスフレームフォーマットに直接マッピングされる。したがって、SSIモジュールがATMトラヒックとTDMトラヒックとを区別する。図16乃至19を参照して、マルチ転送モードセルバス上のATMセルおよびTDMセルがどのようにしてエアインターフェイスフレームフォーマットにマッピングされるかを詳細に説明する。この明細書において、ATMおよびTDMセルがマルチ転送モードセルバスのセルバスフレームフォーマットに対してどのようにしてフォーマット化されるかをさらに詳細に説明する。このような特徴によって、1対多通信システムにおいてエアインターフェイスフレームフォーマットを構成する1つの方法が提供される。

【0088】次に図8を参照すると、図5のオーバーヘッド部分800の概略図が示されている。オーバーヘッド部分800は、オーバーヘッドバーストを含む4個のタイムスロットを含んでいる。メインテナンススロット802、3つの他のタイムスロット804および獲得スロット806が示されている。スーパーフレームの各エアインターフェイスフレームは、4個のオーバーヘッドタイムスロットを有している。オーバーヘッドバーストは、一定のサイズのオーバーヘッド部分を確保するためだけにQPSKを使用して種々のメインテナンススロット802内において送信される。これは、この実施形態においてQPSKがこの時点での最大の送信範囲を提供するためである。したがって、全ての遠隔端末は、最も離れた領域中の遠隔端末であっても、オーバーヘッドバーストを送受信することができる。

【0089】各遠隔端末は、図4のスーパーフレームフォーマット内の1つのメインテナンススロットを割当てられる。すなわち、たとえば9個のメインテナンススロット802と8個のフレームとがスーパーフレーム内に存在する場合、72個の遠隔端末(9個のメインテナンススロット×8個のフレーム)が1つのスーパーフレーム構造においてサポートされることができる。3つの他のタイムスロット804は、ALOHAプロトコルによるランダムアクセス、承諾、および遠隔端末に対する専用チ

ヤネルのような、図4のスーパーフレームフォーマットのフレーム1乃至フレームN-1において別の目的のために使用される。図4のスーパーフレームフォーマットのフレームNにおいて、3つのオーバーヘッドスロット804は結合されて、アップリンク方向において獲得タイムスロット806を形成する。獲得バーストはこの長い獲得タイムスロット806中に送信され、遠隔端末の送信タイミングを較正するメカニズムを提供する。

【0090】獲得タイムスロット806はまた、図42および43に示されている1:N冗長システムを使用する本発明の1実施形態において使用される。

【0091】オーバーヘッド部分800は、メインテナンスバースト、ランダムアクセスバースト、応答バーストおよび短縮された較正バーストを含むいくつかのタイプのバーストから構成されている。メインテナンスバースト(メインテナансスロット802内の)は、遠隔端末がトラヒックを伝送しているか否かにかかわらず、遠隔端末とハブ端末との間に通信路を提供する。アップリンクにおけるランダムアクセスバースト(残りのタイムスロット804内の)により、遠隔端末は要求割当多元接続(DAMA)動作で帯域幅を要求することが可能になる(図40参照)。アップリンクにおける応答バースト(残りのタイムスロット804)は、ハブ端末によって送られた承諾プロトコルメッセージに対して遠隔端末により使用される。また、獲得バースト(獲得タイムスロット606内の)は、その正しいタイミングオフセットを決定するために設置中に遠隔端末によって使用される。

【0092】オーバーヘッド部分800は、遠隔端末が競合を生ぜずに制御情報を送信することを可能にするという利点がある。したがって、各遠隔端末は1対多ハブ端末と規則的に接触し、警報を出し、スーパーフレームフォーマットごとに1度実時間電力制御を行う。

【0093】[遠隔端末]次に図9を参照すると、図1および2に示されている本発明の実施形態で最初に説明した遠隔端末900(マルチモード遠隔端末)を示すプロック図が示されている。遠隔端末900は無線システムであり、アンテナ904を備えた屋外装置(ODU)902(トランシーバ装置とも呼ばれる)を含んでいる。遠隔端末900はまた、装置内リンク(IFL)906および屋内装置(IDU)908(チャネル処理装置とも呼ばれる)を含んでいる。屋内装置908は、メインテナансポート910、マルチ転送モードセルバス912、4個のサービス特定インターフェイスモジュール914(SSIM)モジュール)、ならびにチャネルおよび制御モジュール916(CCM)を含んでいる。このチャネルおよび制御モジュール916は、IFトランシーバ部分918およびベースバンド部分920を含んでいる。IFトランシーバ部分918は、IFLインターフェイス922、アップコンバータ924およびダウンコンバータ926を含んでいる。ベースバンド部分920は、マルチ変調モデル928、バス制御装

置930、制御プロセッサ932および制御信号934を含んでいる。

【0094】屋外装置902(トランシーバ装置)は、装置内リンク906を介して屋内装置908(チャネル処理装置)と通信する。IFトランシーバ部分918は、IFLインターフェイス922を介して装置内リンク906に結合されている。アップコンバータ924およびダウンコンバータ926は、マルチ変調モデル928とIFLインターフェイス922との間に結合されている。バス制御装置930は、マルチ変調モデル928およびマルチ転送モードセルバス912に結合されている。マルチ転送モードセルバス912はまた、4個のSSIMモジュールおよび制御プロセッサ932に結合されている。制御プロセッサ932は、メインテナансポート910に結合されており、制御信号934をIFLインターフェイス922、アップコンバータ924およびダウンコンバータ926に送る。

【0095】実際に、遠隔端末900は、屋外装置902および屋内装置908という2つのサブシステムから構成されている。屋外装置902は、全て技術的に知られているアンテナと、アップコンバータ電力増幅器と、ダウンコンバータとを有する統合された装置である。アンテナは、保護ラドームを備えた円形アンテナである。遠隔端末900の屋外装置902は、アンテナ904により3.8GHzの無線周波数通信チャネルによってハブ端末の屋外装置と通信する。したがって、屋外装置902は、トランシーバ装置として機能する。屋外装置902の送信機能用の2つの送信帯域が存在する。低い帯域は3.8.6乃至3.8.9.5GHzであり、高い帯域は3.8.9.5GHz乃至3.9.3GHzである。屋外装置902の受信帯域は3.9.3GHz乃至3.9.6.5GHzが低い帯域であり、その高い帯域は3.9.6.5GHz乃至40.0GHzである。屋外装置902は、ハブ端末からエAINターフェイスを介してそのタイミング基準を受信する。信号が受信され、その後装置内リンク906(IFL)で屋内装置908に伝送するために中間周波数(IF)にダウンコンバートされる。装置内リンク906は、コムスコープ社製のタイプ3VSATケーブルのような単一のケーブルであり、それは低損失ケーブルである。IFL906は、1000フィートまでサポートする。

【0096】装置内リンク906は、屋内装置908から屋外装置902への直流電力、中間周波数における送信データ、中間周波数における受信データ、基準周波数および遠隔測定データを伝送する。IFLリンク906は、各方向において12.5MHzのアップリンクおよびダウンリンク用の帯域幅を占有し、それらはそれぞれ160MHzおよび70MHzを中心周波数としている。

【0097】一般に、遠隔端末900の屋内装置908は、加入者構内の内側、代表的に配線クロゼット内に取付けられている。屋内装置908は、チャネルおよび制御モジュール916(CCM)、SSIMモジュール914、および

バックプレーン電源装置（示されていない）ならびにシャシー（示されていない）の各モジュールから構成されている。それは、4個までのサービス特定インターフェイスモジュール914（SS1モジュール）を収容する自立型の装置である。屋内装置908は、110ボルトの交流入力によって給電される。随意選択的な48ボルトの直流入力が含まれることができる。チャネルおよび制御モジュール916はIFトランシーバ部分918およびデジタルベースバンド部分920から構成されている。IFトランシーバ部分918は、IFLインターフェイス922、アップコンバータ924、ダウンコンバータ926を含み、一方、デジタルベースバンド部分920は、マルチ変調モジュール928、バス制御装置930および制御プロセッサ932を含んでいる。マルチ転送モードセルバス912（またはSS1バス）は、4個のSS1モジュール914、制御プロセッサ932およびバス制御装置930への接続を提供する。

【0098】CCM916のIFトランシーバ部分918は、QPSK、16-QAMまたは64-QAM変調を伝送する1つの12.5MHzのサブチャネルをサポートする。アップコンバータ924は、装置内リンク906による屋外装置902への送信路中に位置している。このアップコンバータ924は、マルチ変調モジュール928から変調されたデータを受信し、それをアナログに変換し、濾波し、周波数シフトする。ダウンコンバータ926は、屋外装置902から信号を受信し、それを濾波し、自動利得制御を行い、信号をデジタル信号に変換し、その後この信号をマルチ変調モジュール928に伝送する。IFLインターフェイス922は、多数の信号が屋内装置908と屋外装置902との間において単一の同軸ケーブルで伝送されることを可能にするマルチプレクサとして機能する。IFLインターフェイス922の目的は、屋外装置902から入って来た信号を屋内装置908におけるそれらの各回路に分離させることである。それはまた、屋内装置908から入って来た信号を、屋外装置902に向かう同軸ケーブル上に結合する。屋内装置908によって発生される信号は、シンセサイザ基準、DC電力、遠隔測定および送信中間周波数信号である。屋内装置908によって受信される信号は、受信中間周波数および遠隔測定信号である。IFトランシーバ部分の素子および構成は、技術的によく知られている。

【0099】デジタルベースバンド部分920のチャネルおよび制御モジュール916の主要な機能は、モジュール機能、エアフレームフォーマット化、エAINターフェイスプロトコル、内部SS1バスインターフェイスおよび多重化、メインテナスポート、制御処理、SS1監視、ならびに制御および操作管理および処理機能である。

【0100】マルチ変調モジュール928は、変調、復調、エアフレームフォーマット化、エAINターフェイスプロ

トコル、およびリードソロモン(Reed Solomon)エンコーダ/デコーダ機能を含んでいるASIC（適用特定集積回路）として構成されている。マルチ変調モジュール928は、QPSKおよび16-QAMならびに64-QAMをペースト・バイ・ペーストベースで使用してTDMAペーストタイプをサポートする。復調装置はまた、16-QAMおよび64-QAMにおけるマルチパス状態を補償するために追跡セクションを含んでいる。変調装置は、適当なエアフレームフォーマット化論理装置を収容する。図11および12を参照して、マルチ変調モジュール928をさらに詳細に説明する。

【0101】制御プロセッサ932は、減少された命令セットコード(RISC)プロセッサであり、屋内装置908のホストプロセッサとして動作する。制御プロセッサ932は、構成、警報監視、およびエア制御チャネル（図8のオーバーヘッド部分）によるエレメント管理システム(EMS)へのメッセージ返送のような屋内装置908の主要な機能の制御装置である。制御プロセッサ932はまた、技術的に知られているように、利得制御のためにIFトランシーバ部分918に制御信号を送る。メインテナスポート910は、オペレータによって単純な旧式電話サービス(POTS)回路を通じて遠隔端末への遠隔アクセス用のモジュール装置を設置された顧客に接続することができる。遠隔端末900の状態は、このインターフェイスを通してアップロードおよびリセットされることができる。

【0102】バス制御装置930は、フィールドプログラミング可能なゲートアレイ(FPGA)またはカスタム論理装置である。このバス制御装置930は、一度復調されたエAINターフェイスフレームフォーマットからオーバーヘッド部分を除去し、SS1モジュールのバス制御装置（たとえばフォーマッタ）とローカルプロセッサ（たとえばCPU）との間でのメッセージ伝送に使用されたマルチ転送モードバス912上でモジュール間通信部分(IM-COM)を再挿入する。図16および17を参照して、IM-COMメッセージ部分をさらに詳細に説明する。上述したように、バス制御装置930は、図5のエAINターフェイスフレームフォーマットからのトラヒックを、図16のマルチ転送モードバスフレームフローマットにマッピングする。バス制御装置930はまた、図16のマルチ転送モードバスフレームフローマットにおけるトラヒックを、図5および6のエAINターフェイスフレームフォーマット用の図7のAおよびBの特定のペーストタイプにマッピングする。エAINターフェイスフレームフォーマットに関して、オーバーヘッド部分は、遠隔端末900のチャネルおよび制御モジュール920とハブ端末のチャネルおよび制御モジュール（図15）との間のメッセージ伝送に使用される。フレームフローマット上においてエAINターフェイスフレームフローマットのオーバーヘッド部分の後の利用可能なスペースは、除去さ

れるか、あるいは遠隔端末900 のチャネルおよび制御モジュール920 と S S I モジュールのローカルプロセッサとの間におけるメッセージ伝送、すなわち I M - C o m 部分のために有效地に使用される。バス制御装置930 はまた、エAINターフェイスフレームフォーマットのタイムプランとマルチ転送モードセルバス912 とを含んでいる。エAINターフェイスフレームフォーマットは、図4 乃至 8 において上述されており、マルチ転送モードセルバスは、図16 乃至 19 を参照して以下に説明する。

【0103】遠隔端末900 は、マルチ転送モードセルバス912 上において同期(T D M) および非同期(A T M) の両トラヒックを伝送する。セルバスフォーマットは、バス制御装置930 を使用してエAINターフェイスフレームフォーマットにマッピングされる。以下のS S I モジュールを参照して、異なるタイプのトラヒックが同じセルバスフレームフォーマットに対してどのようにフォーマット化されるかを以下に詳細に説明する。

【0104】エAINターフェイスフレームフォーマット上のA T M およびT D M トラヒックは、遠隔端末900 を通って、混合されているトラヒックを区別せずに経路設定されていることに注意されたい。エAINターフェイスフレームフォーマット上の混合されたトラヒックは、遠隔端末900 からS S I モジュール914 に送られるマルチ転送モードバスフレームフォーマットに直接マッピングされる。S S I モジュール914 は、A T M トラヒックをT D M トラヒックから区別する。遠隔端末900 は、混合されたトラヒックを分類しなくてもよいという利点がある。遠隔端末900 は、同じ無線システム内において混合されたトラヒック(A T M およびT D M) を伝送するために特有のエAINターフェイスフレームフォーマットおよび特有の対応したマルチ転送モードバスフレームフォーマットを使用してトラヒックを転送する。再び、このことは、実際には各転送モード(A T M およびT D M) のための別個の無線システムを必要とする1 対多通信システム内における無線システムから逸脱する。

【0105】遠隔端末の機能ブロックは、その全部が詳細に説明されていないことに注意されたい。それらの動作および構成は当業者に明らかなものである。

【0106】次に図10 を参照すると、図2 および15 のハブ端末から送られたタイミングを再生するために図9 の遠隔端末において使用されるタイミング再生システムの機能ブロック図が示されている。図のシステム1000 は、バースト検出器1004 を有するマルチ変調モデム1002 と、時間における比較部1010 および遠隔タイムベースカウンタ1020 を有するバス制御装置1008 と、2 次ループフィルタ1014 と、デジタルアナログコンバータ1016(D/A コンバータ) と、電圧制御発振器1018(V C O) とを含んでいる。また、スーパーフレーム信号のスタート信号1006、スーパーフレーム信号の遠隔スタート信号102

2、タイミングオフセット信号1012、およびクロック入力1024も示されている。

【0107】マルチ変調モデム1002 のバースト検出器1004 は時間における比較部1010 に結合されており、この時間における比較部1010 は2 次ループフィルタ1014 に結合されている。2 次ループフィルタ1014 はD/A コンバータ1014 に結合されており、このD/A コンバータ1014 はV C O1018 に結合されており、V C O1018 は遠隔タイムベースカウンタ1020 に結合されている。バス制御装置1008 の遠隔タイムベースカウンタ1020 は、バス制御装置1008 の時間における比較部1010 に結合されている。

【0108】実際に、1 対多通信システムにおける遠隔端末は、ハブ端末によりエAINターフェイスを介して送られた信号からタイミングを再生する。したがって、遠隔タイミング再生は、遠隔端末がハブ端末からタイミングを再生することができる方法である。この遠隔タイミング再生は、遠隔端末の屋内装置がハブ端末から受信されたバーストを正しく復調できるようにするために必要である。したがって、モデムによるタイミング率の調節は、遠隔端末およびハブ端末におけるタイミングにとって不要である。遠隔端末におけるタイミングは、ハブ端末におけるタイミングと同じ周波数および位相を有する。

【0109】さらに、遠隔端末は、エアバーストをハブ端末に送り返すために再生されたタイミングを使用する。したがって、ハブ端末は、遠隔端末からバーストを復調するために遠隔端末タイミングを再生する必要がない利点がある。ハブ端末は、バーストのスタートの位置を見つけるだけでよい。したがって、ハブ端末において付加的なタイミング再生は行われない。

【0110】このようにして、図9 の遠隔端末は、ハブ端末からタイミングを再生するために図10 に示されているタイミング再生システムを使用する。これは、連続的な送信とは対照的に、タイミングがハブ端末から遠隔端末への不連続的な送信(すなわちT D M A) から再生されているという点で特有である。したがって、ハブ端末は妨害を減少させるために全てのタイムスロットで送信しなくてもよいし、あるいは遠隔端末はハブ端末からはるか遠方に配置され、ある最も低次の変調されたバースト(たとえば、この実施形態ではQ P S K) をデコードすることだけが可能であってもよい。タイミングはスーパーフレームごとに1 回測定され、測定間に大量のエラーが累積するため、不連続的な送信からタイミングを再生することによって問題が発生する。これに対して、連続的な送信ではタイミングは、はるかに頻繁に測定され、測定間に生じるエラーが少ない。

【0111】ハブ端末で使用されるタイミングは、技術的によく知られているように、層(stratum)-1 ソースのような非常に安定したクロック信号でなければならず、図14 を参照してさらに詳細に説明する。層-1 タイミング

ングソースは非常に高価であり、1対多通信システムは、エAINターフェイスによってハブ端末タイミングを再生することによって遠隔端末に別の層-1ソースを有する必要性をなくす。したがって、遠隔端末におけるタイミングはまた、非常に正確でしかも安定している。

【0112】タイミング再生は、位相ロックループ回路(PPLL)を使用して行われる。ハブ端末は、最も遠くに到達する変調(たとえば、この実施形態ではQPSK)であらゆるスーパーフレームの第1のバーストを送信し、スーパーフレーム同期ワードのスタートをこのバーストプリアンブルに配置する。マルチ変調モデム1002のバースト検出器1004は、スーパーフレーム同期ワードのスタートを検出し、時間における比較部1010に送られるスーパーフレーム信号のスタート信号1006を生成する。バースト検出器1004は、図11のバースト検出器およびパラメータ評価器1146に対応している。遠隔タイムベースカウンタ1020は、やはり時間における比較部1010に送られるスーパーフレームごとに1回、スーパーフレーム信号の遠隔スタート信号1022を生成する。

【0113】時間における比較部1010は、スーパーフレーム信号のスタート信号1006とスーパーフレーム信号の遠隔スタート信号1022との間の時間オフセットをカウントする。この時間オフセットは、タイミングオフセット信号1012として2次ループフィルタ1014(図9のチャネルおよび制御モジュールにおける制御プロセッサ中に配置されている)に送られる。2次ループフィルタ1014において、2次位相ロックループアルゴリズムがタイミングオフセット信号1012に関して実行される。2次ループフィルタ1014は、不連続的な送信においてタイミングを再生するために必要とされる滯波を減速させ、それによって不連続的な測定におけるエラーを補償する。連続的な送信におけるタイミング再生では、2次ループフィルタ1014は使用されない。この適用において、2次ループフィルタ1014の使用はユニークなものである。2次ループフィルタ1014は、D/Aコンバータ1016によって電圧レベルに変換されるデジタル数を出力する。この電圧は、VCO1018を制御する。VCO1018の出力はクロック入力1024であり、すなわちそれは遠隔端末において使用されるタイミングである。クロック入力1024はまた遠隔タイムベースカウンタ1020にフィードバックされ、スーパーフレーム信号の遠隔スタート信号1022を生成するために使用される。このタイミング(クロック入力1024)はまた、全てのSSIモジュールに分配され、それらの安定したクロックソースとして使用される。

【0114】このように、1対多通信システムの遠隔端末は、ハブ端末の不連続的な送信から送られたタイミングを再生できる利点がある。従来技術の1対多通信システムは遠隔端末にそれ自身のタイミングソースを有し、送信はダウンリンクにおいて連続している。さらに、遠隔端末はハブ端末と同じタイミングを使用するため、ハ

ブ端末は、種々の遠隔端末から受信されたバーストを復調するために別々のタイミング再生を行う必要がない。

【0115】種々の素子および2次位相ロックループアルゴリズムが当業者に知られており、したがってその説明は不要である。

【0116】[マルチ変調モデム] 次に図11および12を参照すると、図9の遠隔端末および図10のハブ端末の屋内装置のマルチ変調モデムの機能ブロック図が示されている。マルチ変調モデム1100は、変調装置1102および復調装置1104を含んでいる。変調装置1102は、送信データ1106、送信バッファインターフェイス1108、スクランブラー1110、リードソロモン(Reed Solomon)エンコーダ1112、およびバイト・シンボルコンバータ1116とバーストフォーマッタ1118とコンステレーション検索部1120とを含む変調セレクタ装置1114を含んでいる。変調装置1102はまた、パルス成形器1122、ハーフバンドフィルタ1124、ラムバ1126、線形化装置1128、IF変調器1130、同期歪補償フィルタ1132、送信IF1134を含んでいる。復調装置1104は、受信IF1136、整合フィルタおよびダウンコンバータ1138、プレ相関フィルタ1144とバースト検出器およびパラメータ評価器1146とを含む獲得セクション1140を含んでいる。バースト検出器およびパラメータ評価器1146は、利得評価信号1148、タイミング評価信号1150、位相評価信号1152、および周波数オフセット評価信号1154を出力する。復調装置1104はまた、自動利得制御装置(AGC)1156と、イコライザおよび位相回転装置1158と、スライサ1160と、キャリア再生ループ1162とを含む追跡セクション1142を含んでいる。復調装置1104には、係数メモリ1164、シンボル・バイトコンバータ1166、リードソロモン(Reed Solomon)デコーダ1168、デスクランブラー1170、出力バッファ1172も含まれている。

【0117】マルチ変調モデムは、3つの異なった変調、すなわちQPSK、16-QAMおよび64-QAMを使用してバースト・バイ・バーストの変調を行うために特に生成された適用特定集積回路ASICである。マルチ変調モデム1100はこれらの変調に限定されず、たとえばBPSK、32-QAM、128-QAM、および256-QAM変調をサポートするように構成されることができる。マルチ変調モデムには、それがバースト・バイ・バーストベースで変調を切換えることができる利点がある。その代りに、マルチ変調モデムは、フレーム・バイ・フレームベースで変調の切換えを行うように構成されることができる。マルチ変調モデム1100は、図4乃至8において上述したようにエAINターフェイスフレームフォーマットを生成する。したがって、マルチ変調モデムは、異なる変調されたトラヒックバーストと異なるタイプのバーストとを切換える。これによって、1対多通信システムの単一のハブ端末が、遠隔端末が配置されている領域にかかわらずその特定のセクター内の遠隔端末の全てと通信することが可能にな

るという利点がある。さらに、これによって利用可能な帯域幅の効率的な使用が可能になる。それは、ハブ端末に半径方向に近い遠隔端末との通信が、はるか遠方に配置された遠隔端末に対する変調モード(QPSK)より狭い帯域幅(64-QAMのような)を必要とする変調モードを使用して行われることができるためである。さらに、同じマルチ変調モデム1100は、遠隔端末およびハブ端末において使用されることができる。

【0118】マルチ変調モデム1100は、変調装置1102および復調装置1104という2個の主要にシステムを有している。変調装置1102は、12.5ボルトの設計目標で10Mボルト(または10Msp/s)までの範囲で動作する。IF中心周波数は、ボルト速度の2倍、すなわち公称20MHzである。送信データ1106は、屋内装置のバス制御装置から変調装置に入力するとき(図9および15を参照されたい)、それは送信バッファインターフェイス1108を通って入力される。送信バッファインターフェイス1108は、バック・ツー・バックバーストを可能にするピンポンバッファである。次に、データは、スクランブル1110によってエネルギー分散のためにスクランブルされる。スクランブル1110は、データをエンコードするリードソロモン(Reed Solomon)エンコーダ1112に結合されている。リードソロモンエンコーダ1112は、変調セレクタ1114のバイト・シンボルコンバータ1116に結合されている。

【0119】変調セレクタ1114は、多数の変調が使用されることを可能にするマルチ変調モデム1110のコンポーネントである。バイト・シンボルコンバータ1116は、バーストフォーマッタ1118に結合されている。バイト・シンボルコンバータ1116は、プログラム可能であり、各バーストが変調されることとなる特定の変調(たとえば、QPSK、16-QAMおよび64-QAM)に必要とされる変調シンボルにバイトを変換する。バーストフォーマッタ1118は、コンステレーション検索部1120に結合されている。バーストフォーマッタ1118は、図7のAおよびBに示されているようにquadバーストまたは単バーストのようなバーストタイプにシンボルをフォーマット化する。ブリアンブルおよびボスタンブルは同様にバーストフォーマッタ1118によってバーストに付加される。コンステレーション検索部1120はプログラム可能であり、4(QPSK)、16(16-QAM)または64(64-QAM)に形成された3つのコンステレーションの1つのしたがってバーストをフォーマット化する。コンステレーションはプログラム可能であり、2乗コンステレーションに制限されない。マルチレベルの円形64ポイントコンステレーションのようなコンステレーションが使用されてもよい。したがって、変調セレクタ1114は、複数の変調をバースト・バイ・バーストベースで使用してバーストをフォーマット化することができるという利点がある。これは、1つの変調を使用して変

調だけを行う従来技術のモデルに対する改善の代表的なものである。

【0120】次に、信号を補間する累乗根(root-raise d)余弦フィルタのようなプログラム可能なパルス成形器1122を通ってシンボルが送られる。次に、この信号は、ハーフバンドフィルタ1124を通過する。プログラム可能なRAMPであるラムバ1126は、バーストの始めと終りにランプを与える。線形化装置1128はラムバ1126に結合され、非線形歪を補償する。次に、IF変調器1130は、中間周波数(IF)に信号を変調する。次に、FIRフィルタである同期歪補償フィルタ1132は、送信IF信号1134がマルチ変調モデム1110を出たときに同期歪を補償する。その代り、送信IF1134は、自己試験を行うためにループバックに進んでもよい。変調装置部分1102の機能ブロックは全て、バーストおよびタイミング制御信号を受信し、テーブルアクセシングインターフェイスが送信バッファインターフェイス1108、バーストフォーマッタ1118、コンステレーション検索部1120、ラムバ1126、および線形化装置1128に結合する。送信IF信号1134は、遠隔端末およびハブ端末(図9および15を参照)の屋内装置のIFトランシーバ部分に送られる。

【0121】復調装置1104は、複素数バンドパス信号サンプルまたは受信IF信号1136を供給される。これらのサンプルは、整合フィルタおよびダウンコンバータ1138を使用してフィルタリングされる。整合フィルタおよびダウンコンバータ1138の出力は、複素数ベースバンドI/Q信号である。復調装置は、獲得セクション1140と、追跡セクション1142という2つのセクションに分割されている。ダウンコンバートされたサンプルは、これら両セクションに送られる。

【0122】獲得セクション1140は、プレ相関フィルタ1144およびバースト検出器およびパラメータ評価器1146から構成されている。受信されるバーストは、メインテナンスバースト(オーバーヘッド)およびトラヒックバーストの2つのタイプのうちの一方である。メインテナンスバーストのはじめに、FIRフィルタであるプレ相関フィルタ1144が係数メモリ1164からのデフォルト係数をロードされる。デフォルト係数は、係数メモリ1164からのデフォルト補間係数である。プレ相関フィルタ1144がデフォルト係数を有しているとき、バースト検出器およびパラメータ評価器1146は、復調装置1104によって見られるような真のタイミングオフセットを与える。このタイミング評価は、タイミング評価信号1150としてイコライザおよび位相回転装置1158に送られる。タイミング評価は、1組の補間係数を選択するために追跡セクション1142のイコライザおよび位相回転装置1158によって使用される。これらの補間係数は、異なるチャネル(各遠隔端末に対する)に対して可能な全てのタイミングオフセットのためのものであり、したがって異なるチャネルから受信された以下のトラヒックバーストのために

使用されるように係数メモリ1164に記憶される。

【0123】トラヒックバーストのスタート時に、プレ相関フィルタ1144は、係数メモリ1164中に存在する係数（メインテナンスバーストから決定された）でロードされる。これによって、バースト検出器およびパラメータ評価器1146は、これに到達したサンプルがチャネル歪に対して等化されているので、パラメータをさらに良好に評価することが可能になる。係数メモリ1164において、補間係数の別個のセットが記憶されており、それらは各遠隔端末がそれによって通信する各チャネルに対応している。したがって、プレ相関フィルタ1144は、トラヒックバーストが発生した遠隔端末（またはハブ端末）に属する係数でロードされる。

【0124】これは、従来技術の復調装置が一般にプレ相関フィルタを全く含まないという点で従来技術から逸脱している。I/Q信号は、単にバースト検出器に送られる。さらに、プレ相関フィルタは、バースト検出器およびパラメータ評価器1146においてパラメータ（タイミング、利得、周波数オフセットおよび位相）をさらに正確に評価することを可能にするユニークな方法で係数によりロードされる。これは、チャネルが歪に対して等化されているためである。

【0125】したがって、各遠隔端末に対するメインテナンスバーストは、デフォルト係数（等化されていない）を有するプレ相関フィルタ1144を通過して、各遠隔端末に対して等化された係数を選択し、この係数は、トラヒックバーストが各遠隔端末から受信されたときにプレ相関フィルタ1144にロードされて戻される。等化された係数は、メインテナンスバーストに対するタイミングオフセットに基づいて選択される。このプロセスにより、バースト検出器およびパラメータ評価器1146は、これのトラヒックバーストのさらに良好なパラメータ評価を行うことが可能となる。それは、バースト検出器およびパラメータ評価器1146への入力の前に、各チャネルが各補間係数でプレロードされているプレ相関フィルタ1144によって等化されているためである。

【0126】その後、プレ相関フィルタ1144の出力は、バーストが存在することを表すためにプリアンブルの特有ワードを検出するバースト検出器およびパラメータ評価器1146に進む。バースト検出器は、バーストの始めあるいはフレームまたはスーパーフレームの始めを検出する。これによって、復調装置1104は、エアインターフェイスフレームフォーマットのスタートがどこかを確実に知ることとなる。バーストが検出されると、最初のパラメータが評価され、これにはタイミングオフセット、利得評価、位相評価、および周波数評価が含まれる。図11および12は、周波数オフセットおよび位相オフセットが図6に示されている分割プリアンブルの使用によりどのようにして決定されるかを詳細に示している。バースト検出器およびパラメータ評価器1146は、その後利得

評価信号1148を自動利得制御装置1156に送り、タイミング評価信号1150をイコライザおよび位相回転装置1158に送り、周波数オフセット評価信号1154および位相評価信号1152をキャリア再生ループ1162に送る。

【0127】追跡セクション1142において、ダウンコンバートされたシンボルは、自動利得制御装置1156に送られる。利得評価信号からの最初の利得評価を使用して、自動利得制御装置1156（AGC）は、受信されたI/Qサンプルの電力を測定し、それらをプログラム可能なしきい値レベルと比較し、瞬間電力レベルを生成する。この瞬間電力のエラーは、非線形フィルタ（AGC1156内の）によりフィルタリングされ、その後受信された信号電力レベルをプログラム可能なしきい値レベルにする負のフィードバックループを閉じるために使用される。

【0128】その後、AGC1156からのI/Q出力は、イコライザおよび位相回転装置1158に供給される。このイコライザおよび位相回転装置1158は、チャネルの理想的でない位相／振幅応答特性によって生成されたシンボル間干渉を最小にする。また、イコライザおよび位相回転装置1158は、バーストタイプに応じて異なる2つの方式で係数によりロードされる。メインテナンスバースト中、イコライザおよび位相回転装置1158のイコライザは、係数メモリ1164に記憶された補間係数をロードされる。獲得セクション1140によって与えられたタイミング評価は、係数メモリ1164に記憶された1組の補間係数を選択するために使用される。その後、イコライザはチャネル変化を追跡して、バーストの終りにおいて、イコライザ係数が係数メモリ1164に再び記憶される。バーストが属する遠隔端末に対応した係数だけが更新されることになる。トラヒックバースト中は、イコライザは、プレ相関フィルタ1144によって使用された係数によりロードされる。したがって、イコライザとプレ相関フィルタ1144は、同じ係数セットで動作していることになる。

【0129】イコライザ係数は、最小2乗平均アルゴリズム（LMS）を使用して調節される。再帰的最小2乗（RLS）のような別のアルゴリズムもまた使用可能である。イコライザは、フィードフォワード係数だけを有するか、あるいはフィードフォワード係数とフィードバック係数の両方を有することができる。さらに、フィードフォワード係数は、分数またはシンボルベースであつてもよい。

【0130】キャリア再生ループ1162は、抑制されたキャリア直角振幅変調（QAM）信号の位相および周波数を追跡する。したがって、復調装置は、QAMおよびQPSK変調の両方をサポートすることができる。各バーストに対する追跡のはじめに、キャリア再生ループ1162は、獲得セクション1140において供給される位相評価信号1152および周波数オフセット信号1154をロードされる。キャリア再生ループ1162は、2次位相ロックループを使用して位相および周波数を追跡する。位相エラー

は、マルチ変調スライサ1160への入力（イコライザおよび位相回転装置1158の出力）とマルチ変調スライサ1160の出力を使用して得られる。その後、キャリア再生ループ1162の出力は、マルチ変調スライサ1160に送られる前に出力を回転させるためにイコライザおよび位相回転装置1158に送り返される。また、この位相は、イコライザ係数を更新するために使用されたエラーを回転して戻すために使用される。イコライザエラーはまた、マルチ変調スライサ1160の入力および出力により得られる。

【0131】プログラム可能であるマルチ変調スライサ1160は、イコライザおよび位相回転装置1158の出力を復調されたビットに変換する。したがって、このマルチ変調スライサ1160は、3つの変調モード（QPSK, 16-QAMおよび64-QAM）の1つに対応する3つのコンステレーション（それぞれ4, 16および64ポイント）の1つに受信されたデータをマッピングする。さらに、マルチ変調スライサ1160は、マルチレベル円形コンステレーションのような64-QAM変調のバリエントをサポートする。このようにして、マルチ変調スライサ1160は、マルチ変調モデル1100のマルチ変調機能を使用可能にする。このマルチ変調スライサ1160は、変調装置1102のコンステレーション検索部1120に類似している。

【0132】さらに、マルチ変調スライサ1160の出力は、シンボル・バイトコンバータ1166によってシンボルからバイトに変換される。このシンボル・バイトコンバータ1166は、それぞれが変調装置1102によって使用される各変調モードのための3つのコンステレーションをサポートする。シンボル・バイトコンバータ1166の出力は、リードソロモンデコーダ1168に送られてデコードされる。その後、データは、変調装置1102のスクランbler1110により挿入されたスクラブリングを元に戻すデスクランbler1170に進む。その後、デスクランブルされたデータバイトは、出力バッファ1172中にロードされる。出力バッファ1172はピンポンバッファであるため、一方のバッファが復調装置1104によって書き込まれているあいだに、他方のバッファがバス制御装置へのベースバンドインターフェイスによって読み込まれる。これによって、出力バッファ1172においてバック・ツー・バックバーストが使用可能になる。したがって、出力データ1174は、マルチ変調モデル1100から出力された信号であり、遠隔端末およびハブ端末のデジタルベースバンド部分の制御装置（図9および15を参照）に進む。

【0133】テーブルアクセスインターフェイスは、マルチ変調モデル1100によって使用される各変調と関連したフレームフォーマットおよびバーストタイプに関する情報を提供し、送信バッファインターフェイス1108、バーストフォーマッタ1118、コンステレーション検索部1120、ラムパ1126、線形化装置1128、バースト検出器およびパラメータ評価器1146、および出力バッファ1172に結

合されていることに注意することも重要である。

【0134】復調装置1104は、ホストインターフェイス内の直列レジスタを介して制御される。レジスタは、ホストマイクロプロセッサによって、すなわち遠隔端末およびハブ端末の制御プロセッサによって書き込まれる。さらに、設けられたバーストおよびタイミング制御装置の論理装置によって復調装置1104の実時間制御が行われる。

【0135】機能ブロックは、それらの機能および構成が当業者に理解されているものであり、したがってさらに説明する必要はないため、それらの全部が詳細に説明されていないことに注意されたい。

【0136】示されているように、マルチ変調モデル1100は、複数の変調モードをバースト・バイ・バーストベースで変調および復調するという利点がある。このマルチ変調モデル1100は変調の切換えを行い、それに従ってバーストタイプを切換えることができる。マルチ変調モデル1100は、単一のモジュールとして適用特定集積回路（ASIC）として構成されている。さらに、それは、1対多通信システムの遠隔端末およびハブ端末において使用することができるよう設計されている。マルチ変調モデル1100は、これがセクターの特定の領域内における特定の遠隔端末で使用される場合に、ある復調モードを復調だけを行うようにプログラムすることができる。

【0137】その代わりに、マルチ変調モデル1100は、単一の変調をそれぞれサポートして3個の別個のモジュールのそれぞれの間の切換えをするスイッチ手段を提供する3個の別個のモジュールとして構成されることが可能である。しかしながら、マルチ変調モデル1100は、単一の変調をサポートする従来技術のモジュールとは異なっており、図1および2に示されている実施形態の1対多通信システムのマルチ変調の特徴を使用可能にする。

【0138】次に図13を参照すると、図6に示されている分割プリアンブル特徴を使用して図11および12のマルチ変調モデルにおいて行われるパラメータ評価の機能ブロック図が示されている。周波数オフセット評価装置1200は、プレ相関フィルタ（図11および12）からのI/Q信号1202、第1の相関装置1204、遅延バッファ1206、第2の相関装置1208、第1の位相評価装置1211、第2の位相評価装置1210、加算器1214、スケーラ1216、および周波数オフセット評価1218を含んでいる。

【0139】I/Q信号1202は、遅延バッファ1206および第1の位相評価装置1211に結合されている第1の相関装置1204に入力する。遅延バッファ1206は、第2の相関装置1208に結合されており、第2の相関装置1208は第2の位相評価装置1210に結合されている。第1の位相評価装置1212および第2の位相評価装置1210の出力は加算器1214に結合されており、加算器1214はスケーラ1216に結合されている。スケーラ1216は、周波数オフセット評価

1218を出力する。

【0140】実際に、図13の実施形態において、図6のトラヒックバーストにおいて示されている分割プリアンブルを使用して正確な周波数オフセット評価が行われる。トラヒックバーストは、異なって変調されたトラヒックバーストが図5のエAINターフェイスフレームフォーマット上で混合および整合されることができるよう、最適化されて規定されたサイズを有している。しかしながら、それぞれ個々のトラヒックバーストのトラヒックスループットを最大にするために、各トラヒックバーストに対して可能な限り小さいプリアンブルを有していることが望ましい。従来技術の復調装置においては、プリアンブルは、受信されたトラヒックバーストの周波数オフセットを評価するために使用される。とくに、特有ワードが典型的にプリアンブル中に挿入される。位相は、周波数オフセットを決定するためにプリアンブルの特有ワード部分の長さにわたって評価される。特有ワードの長さは、たとえば約32シンボル、または40シンボルでよい。このシンボル長により、位相評価が正確に行われて、正確な周波数オフセットが提供されなければならない。特有ワードが著しく長い場合、この評価はあまり正確ではなくなる。それは、位相が特有ワードの長さをはるかに超過して変化するためである。特有ワードが短すぎる場合、シンボルインターバルが短すぎて、位相を正確に評価できないため、位相評価はあまり正確ではなくなる。

【0141】図6および13に示されている実施形態は、特有ワードを第1の特有ワード610と第2の特有ワード611とにそれらの間のデータ（トラヒック）およびスペアの少なくとも一方（図6に示されている第1のデータ／スペア部分612）によって分割することによってこの問題を解決する。第1のデータ／スペア部分612は、プリアンブル分割長613として規定されたシンボル数によって第1の特有ワードと第2の特有ワードとを分離する。第1の特有ワード610、第2の特有ワード611、およびそれらの間の第1のデータ／スペア部分612の全長は、代表的な特有ワードに等しい。このようにして、データを間に有する2つの短くされた特有ワードは、従来技術の特有ワードにとって代わる。したがって、短いほうの特有ワードはプリアンブルにおいて使用され、トラヒックバーストのトラヒックスループットは間にあるシンボルの量だけ増加される。一例として、32個のシンボルの特有ワードは、8個のシンボルの第1の特有ワード、データの16個のシンボル、および8個のシンボルの第2の特有ワードによって置換することができます。また、第1の特有ワードが第2の特有ワードに等しい長さである必要はない。たとえば、第2の特有ワードは16個のシンボルであることができ、一方第1の特有ワードは8個のシンボルであることができる。

【0142】I/Q信号1202（複素数ベースバンド）が

復調装置のバースト検出器およびパラメータ評価装置1146に入力すると、それは第1の相關装置1204に入力する。その後、第1の相關装置1204は、第1の特有ワードを探索する。たとえば、第1の特有ワードが8個のシンボルである場合、第1の相關装置1204は8個のシンボルからなる第1の特有ワードを検出し、その後、第1の特有ワードに対するI/Q出力を第1の位相評価装置1212に送る。サンプルが1個置きに無視されるようにシンボル速度で相關が行われる。第1の相關装置は実際には、1個が同位相コンポーネントサンプル（I）用であり、1個が直角コンポーネントサンプル（Q）用の2個の相關装置である。相關装置は、技術的によく知られているため、説明は不要である。

【0143】I/Q信号はまた、第1の特有ワードと第2の特有ワードとの間における第1のデータ／スペア部分の中のシンボルの数を考慮する遅延バッファ1206に進む。遅延バッファ1206は、第1のデータ／スペア部分の16個のシンボルを記憶する。その後、第2の相關装置1208は、第2の特有ワード（たとえば、8個のシンボルの特有ワード）を探索し、この第2の特有ワードに対するI/Q信号を第2の位相評価装置1210に送る。第2の相關装置1208もまた実際には2個の相關装置である。第1の位相評価装置1212および第2の位相評価装置1210はそれぞれ、第1の特有ワードおよび第2の特有ワードに対するそれぞれの位相を評価する。加算器1214において2つの位相間の差がとられ、周波数オフセット評価1218を生成するようにスケーラ1216によってスケールされる。スケーラ1216は、第1の特有ワードと第2の特有ワードの中心間の距離によって位相差を除算する。たとえば、この例における距離は、4シンボル+16シンボルのデータ+4シンボル=24シンボルとなる。これらのシンボルはシンボル速度と乗算され、距離が得られる。これは、第1の相關装置1204と第2の相關装置1208ではなく1個の相關装置だから構成されている従来技術の周波数評価装置とは異なっている。

【0144】このように、周波数オフセット評価装置1200は、図6に示されているユニークな分割プリアンブルを使用して、第1の特有ワードと第2の特有ワードとの間に合計16個の小さいシンボルを有するクラメール・ラオ境界に近似した小さいプリアンブルにおいて周波数オフセットを評価する。トラヒックスループットは、正確な周波数評価を保持しながら最大にされる。機能ブロックは、当業者に明らかなものであり、したがって説明は不要である。

【0145】[ハブ端末サイト] 次に図14を参照すると、図2で示されている1対多システムの実施形態のハブサイトのブロック図が示されている。ハブサイト1300はハブ端末1302を含んでいる無線サブシステム1301を有し、ハブ端末1302はそれぞれメイン屋外装置（ODU）1304およびアンテナ1306と、バックアップ屋外装置1308

およびアンテナ1310と、イントラファシリティリンク（IFL）1312と、メイン屋内装置（IDU）1314と、バックアップ屋内装置1316とを有する。またTDMマルチブレクサ1318と、ATMマルチブレクサ1320と、タイミングソース1322とを含む送信装置252のシステムも示されている。さらにDS3ライン1324（デジタル信号3）とOS3cライン1326（光キャリアレベル3で連結）と、LANルータ1328と、広域ネットワークライン1330（WANライン）と、バックホールライン1332と、タイミング基準信号1334も示されている。

【0146】各ハブ端末1302（セクタ無線装置）はイントラファシリティリンク1312（IFL）を経てメイン屋内装置1314へ結合されているアンテナ1306を有するメイン屋外装置1304を含んでいる。また、イントラファシリティリンク1312を経てバックアップ屋内装置1316へ結合されているアンテナ1310を有するバックアップ屋外装置1308も示されている。バックアップ屋内装置1316（IDU）はメインIDU1314と同一接続を有し、したがってメイン屋内装置1314のみを説明する。各メイン屋内装置1314は、TDMマルチブレクサ1318への1つのDS3ライン1324と、ATMマルチブレクサ1320への1つのOC3cライン1326を有する。TDMマルチブレクサ1318とATMマルチブレクサ1320はそれぞれバックホールライン1332を有し、転送ネットワーク（図示せず）への接続を可能にする。各ハブ端末1302の各メイン屋内装置1314はLANハブ1328とタイミングソース1322に結合されている。タイミングソース1322はタイミング基準信号1334を各ハブ端末1302へ送信する。LANルータ1328はEMSへの任意選択的なWANライン930を有する。

【0147】実際、ハブサイト1300は1対多システムの中心部分である。ハブサイト1300はマルチ周波数、マルチセクタハブをサポートする。無線チャネルはサブチャネルに分割される。例えば、50MHzのチャネルは4つの12.5MHzサブチャネルに分割されてもよい。各ハブサイト1300は1つのチャネルをサポートし、各ハブ端末1302は1つのサブチャネル（セクタ）をサポートする。さらに各セクタ（図1の“ピースライス”）は、ハブサイト1300の多数のチャネルと遠隔端末の位置に基づいて1以上のハブ端末1302を含んでもよい。無線サブシステム1301の各ハブ端末1302（セクタ無線装置）は、アンテナ1306とイントラファシリティリンク1312と屋内装置1314とを有する屋外装置1304を含んでいる。

【0148】屋外装置1304（トランシーバ装置とも呼ぶ）は一体化された38GHzトランシーバおよびアンテナ1306である。ハブ端末1302の屋外装置1304は図9で示されている遠隔端末の屋外装置と同一であるが、送信および受信帯域が遠隔端末の屋外装置の送信および受信帯域に関してスワップされる点が異なっている。屋外装置1304はイントラファシリティリンク1312からの信号を送信周波数へアップコンバートし、エアインターフェイ

スからの信号をイントラファシリティ周波数へダウンコンバートする。これは典型的にハブサイト1300のビルディングの上部に配置される。さらに、屋外装置1304はビルディングの入口のサーボ保護装置に接続されてもよい。

【0149】代わりに、ハブ端末1302は不連続の送信（TDMA）を使用して送信するので、屋外装置1304はアンテナ1306として切換えビームアンテナ（図示せず）を含んでもよく、したがってスイッチは複数のアンテナに結合される。各アンテナは例えば15乃至22度のサブセクタのような、狭いサブセクタに送信する。切換えビームアンテナはエアインターフェイスフレームフォーマットのTDMAバースト間で切換えしなければならない。したがって一時にただ1つのアンテナが送信し、その他のセクタおよびハブ端末1302との干渉を減少する。これはまたセクタ全体をカバーするアンテナ1306に必要とされるよりも狭いビームでより多くのエネルギー/ビットを送信することによって1対多システムの距離範囲を拡張する。したがってマルチバスの大きさは減少され、より高次の変調がより良好に動作する。同様に、フェイズドアレイアンテナシステムは同一結果を実現する。

【0150】イントラファシリティリンク1312は屋外装置906を屋内装置1314へ接続し、遠隔端末で使用され、図9で説明されているイントラファシリティリンク1312と同じである。

【0151】ハブ端末1302の屋内装置1314（チャネル処理装置）は遠隔端末の屋内装置と非常に類似している。ハブ端末1302の屋内装置1314はまた非同期（例えばATM）および同期（例えばTDM）のような多数の転送モードをサポートし、QPSK、16-QAM、64-QAMのような多数の変調モードをサポートする。これはイントラファシリティリンク1312とインターフェイスし、IFトランシーバセクションとベースバンドセクションとマルチ転送モードセルバスと4個のSSIポートを含んでいるチャネルおよび命令モジュール（CCM）とを含んでいる。ハブ端末1302の屋内装置1314の内部動作は遠隔端末の屋内装置の内部動作と類似しており、さらに図15を参照して説明する。有效地に、ハブ端末1302の屋内装置1314は遠隔端末の屋内装置と同じマルチ変調モードを使用する。したがって、有效地にただ1つのマルチ変調モードASICが1対多システムの全てのハブ端末と遠隔端末のために設計される必要があるだけである。

【0152】ハブ端末1302の屋内装置1314と遠隔端末の屋内装置の幾つかの差はSSIポートで使用されるSSIモジュールのタイプであり、ハブ端末1302の屋内装置1314に幾つかの付加的なインターフェイスが存在することである（図15参照）。ハブ端末1302の屋内装置1314は送信装置への3つのタイプのみのインターフェイス、即ちDS3ライン1324とインターフェイスするためのT

DM-DS3 SSI モジュール（図23、24参照）と、OC3c ライン1326とインターフェイスするためのATM-OC3c SSI モジュール（図25参照）と、DS3 ライン1324とインターフェイスするためのDS3 トランスペアレンツ SSI モジュール（図27参照）を使用する。

【0153】この実施形態では、ハブ端末1302のうちの1つに故障が生じた場合、各ハブ端末1302は1:1冗長システムを使用する。メイン屋外装置1304またはメイン屋内装置1314が故障したならば、バックアップ屋外装置1308とバックアップ屋内装置1316が切換えられて使用される。サービスの中断は加入者に対しては僅かである。バックアップ屋内装置1308とバックアップ屋内装置1316はメイン屋外装置1304とメイン屋内装置1314と正確に同様に構成される。図9の遠隔端末はまた1:1冗長システムを使用する。

【0154】代わりに、ハブサイト1300は図42乃至43で説明したように1:N冗長システムを使用してもよい。

【0155】送信装置252は図2を参照して説明したものと同一である。TDMマルチプレクサ1318とATMマルチプレクサ1320はTDMおよびATMトラヒックをそれぞれ転送ネットワーク（図示せず）との間で伝送するために使用される。バックホールライン1332はTDMマルチプレクサ1318およびATMマルチプレクサ1320を転送ネットワークに接続し、例えばDS3、OC3c、OC12c ラインを含んでいる。

【0156】付加的に、タイミングソース1322は同期プランをハブ端末1302へ提供する。ハブ端末1302のタイミングは遠隔端末および遠隔端末に結合したSSIモジュールで使用されるので、タイミングソース1322は技術で知られているように層(stratum) - 1 レベルのタイミングソースのような非常に安定で正確なソースである。タイミングソース1322は外部DS1ソース基準（GPSソースまたはその他のDS1基準）、DS3 ライン、またはDS3に埋設されたDS1であってもよい。タイミングソース1322はその後各ハブ端末1302の無線インターフェイスのシンボルレートを得るために使用される。タイミング基準は図15でも参照される。タイミングソースがDS3内のDS1であるならば（即ちDS3内のT1）、タイミングは、転送ネットワーク（図1および2参照）を経て送信装置252に結合されている中央局のスイッチによって通常与えられる。この場合、中央局のエラー状態によってタイミングにドリフトが存在するならば、全てのハブ端末も同様にドリフトし、データは損失されない。

【0157】さらに、LANルータ1328はハブサイト1300のハブ端末1302との間の通信と、WAN ライン1330を経て広域ネットワーク（WAN）への任意選択的な接続を可能にするために設けられる。1実施形態では、エレ

メント管理システム（EMS）122はLANルータ1328を経て各ハブ端末と通信するためWANを使用する。WAN ライン1330はイーサネット10ベースT ラインとして設けられる。したがって、エレメント管理システムはLANルータ1328を経てハブサイト1300の各ハブ端末1302と通信することができる。LANルータ1328はまたハブ端末1302が相互に通信することを可能にする。その代わりにEMSは転送ネットワークとバックホールライン1323を経てメッセージを送信することによってハブ端末1302と通信することができる。これは有効にEMSからハブサイト1300への有線接続の必要性を除去する。これについてささらに図25を参照にして説明する。

【0158】以下、ハブ端末を通る中央局からのトラヒック流について概略する。トラヒックは中央局に位置するエレメント管理システムにより、SONET リングのような転送ネットワークを経てハブサイト1300へ伝送される。トラヒックはトラヒックのタイプに基づいて、TDMマルチプレクサ1318またはATMマルチプレクサ1320に到着する。ATMトラヒックはOC3c ライン1326を経て所望のハブ端末へ伝送され、TDMトラヒックはDS3 ライン1324を経て所望のハブ端末へ伝送される。それぞれのトラヒックは屋内装置1314によって個々のSSIモジュールでマルチ転送モードセルバスへ多重化される。マルチ転送モードセルバスは図16乃至19に説明されている。混合されたトラヒックはその後無線インターフェイスのためにフォーマットされ、屋内装置1314で中間周波数に変調される。IFL1312はトラヒックを屋外装置1304へ伝送し、屋外装置1304でこれは無線インターフェイスの送信周波数へアップコンバートされる。したがってトラヒックは屋外装置1304のアンテナセクタカバー区域内の遠隔端末へ放送される。データ流は屋外装置1304で反対方向で到着する。したがって本発明の実施形態のハブ端末1300はATMとTDMトラヒックの両者を伝送し、これに対して従来技術のシステムはATMとTDMの転送用の別々のインフラストラクチャを必要とする。

【0159】ハブサイトの別の特有の特徴はモジュール化されたハブサイトアーキテクチャである。従来技術の1対多システムでは、ハブサイトが生成されたとき、ハブサイトアーキテクチャはハブサイトでサポートされる全ての異なるハブ端末のカードを含んでいる1つのシャーシとして設計される。（ハブ端末のため）各カードは技術で知られているように、共通のプロセッサ、共通のSSIインターフェイスモジュール、共通のバックプレーンインターフェイス、共通の電源等を共有する。換言すると、従来技術のシステムの各ハブ端末は共通の装置から独立して動作しない。したがってハブサイトをセットアップするには、アーキテクチャはシステム全体に対してセットアップされなければならない。

【0160】対照的に、本発明のこの実施形態では、シ

システム設計者は1つの屋外装置1304と1つの屋内装置1314を具備する1つのモジュール化されたハブ端末（即ちハブ端末1302）をインストールすることにより周波数チャネルの1つのみのサブチャネルを有するハブサイトを組立てることができる。屋内装置は小さい装置であり、1つのサブチャネルをサポートする2つのカードを有するだけである。より多くのサブチャネルを付加するためには、各サブチャネル用の別のモジュール化されたハブ端末を単にシャーシにインストールすればよい。モジュール化されたハブ端末は、共通のプロセッサ、共通のSSIインターフェイスモジュール、共通のバックプレーンインターフェイス、または共通の電源を共有する必要はない。それ故、モジュール化されたハブ端末（即ちハブ端末1302）はその他のモジュール化されたハブ端末およびその他の共通の装置と独立して動作する。したがって、チャネル全体をサポートする従来技術の1対多システム全体のアーキテクチャは、1つ程度の少い数のサブチャネルを有するハブサイトを単に生成するためにインストールされる必要はない。

【0161】周波数チャネルの1つのサブチャネルだけを使用する従来の1対多システムをインストールするには非常に高いコストがかかるので、これは特に有効である。実際に、多数の加入者が相互に非常に近接して位置し、または1対多システムに非常に少数の加入者しか存在しないか、または（それぞれ別々のサブチャネルを使用する）多数のハブ端末を使用することを阻止する物理的障害（例えば山）が存在するので、多数のサービスプロバイダは1または2のサブチャネルのみをサービスする1対多システムをセットアップする。有効に、モジュール化されたハブサイトは、チャネル全体を最初にサポートする1対多システムアーキテクチャ全体をサービスプロバイダに支給させずに、1対多システムが加入者の需要で成長することを可能にする。

【0162】別の実施形態では、バックホールライン1332へのラインは送信装置252から転送ネットワーク（図1および2を参照）またはバックホールインフラストラクチャまでの無線通信リンク（図示せず）により置換される。無線通信リンクはハブ端末1302とそれぞれの遠隔端末との間の通信リンクに非常に類似するマイクロ波無線通信リンクである。例えば第1の12インチアンテナ等のアンテナは送信装置252に結合され、例えば第2の12インチアンテナのような対応するアンテナは転送ネットワークに結合されている。この実施形態はハブサイトと転送ネットワークとの間で約5乃至10マイルの距離を可能にする。

【0163】次に図15を参照すると、図2、14で示されている実施形態のハブ端末（マルチモードハブ端末）のブロック図が示されている。ハブ端末1400は、アンテナ1404を有する屋外装置（ODU）1402（トランシーバ装置とも呼ぶ）と、屋内装置（IDU）1406（チャ

ネル処理装置とも呼ぶ）とを有している。屋内装置1406は、イントラファシリティリンク1408に結合され、メインテナンスポート1410と、ローカルエリアネットワーク（LAN）インターフェイスライン1412と、T1基準ライン1414と、マルチ転送モードセルバス1416と、TDM DS3 SSIモジュール1418と、ATM OS3c SSIモジュール1419と、任意選択的なトランスペアレンットSSIモジュール1421と、チャネルおよび命令モジュール1420を含む。チャネルおよび命令モジュール1420は、イントラファシリティ（IFL）インターフェイス1424とアップコンバータ1426とダウンコンバータ1428とを含むIFトランシーバセクション1422と、マルチ変調モデム1432とバス制御装置1434と制御プロセッサ1436と制御信号1437とメインテナンスポートインターフェイス1438とLAN制御装置1440とタイミング論理装置1442とを含むデジタルベースバンドセクション1430と、LANインターフェイス1444と、T1インターフェイス1446とを含んでいる。

【0164】屋外装置1402は、イントラファシリティリンク1408を経て屋内装置1406に結合され、イントラファシリティリンク1408はCCMモジュール1420のIFトランシーバセクション1422内のIFLインターフェイス1424に結合される。IFLインターフェイス1424はアップコンバータ1428とダウンコンバータ1426に結合されている。アップコンバータ1428とダウンコンバータ1426はそれぞれデジタルベースバンドセクション1430のマルチ変調モデム1432に結合されている。マルチ変調モデム1432はバス制御装置1434に結合され、バス制御装置1434はマルチ転送モードセルバス1416に結合されている。メインテナンスポート1410はメインテナンスポートインターフェイス1438へ結合され、このメインテナンスポートインターフェイス1438は制御プロセッサ1436に結合されている。LANインターフェイスライン1412はLANインターフェイス1444に結合され、このLANインターフェイス1444はLAN制御装置1440に結合されている。このT1基準1414はT1インターフェイス1446に結合され、T1インターフェイス1446はベースバンドセクション1432のタイミング論理装置1442に結合されている。メインテナンスポートインターフェイス1438とLAN制御装置1440とタイミング論理装置1442はそれぞれ制御プロセッサ1436に結合されている。タイミング論理装置および制御プロセッサはマルチ転送モードセルバス1416にも結合されている。制御プロセッサ1436は制御信号1437をIFLインターフェイス1424とアップコンバータ1428とダウンコンバータ1426に送る。

【0165】実際、ハブ端末（セクタ無線装置）の屋内装置1406（IDU）は遠隔端末の屋内装置（IDU）に非常に類似している。IFトランシーバ1422のコンポーネントは図9で説明されているものと全く同一である。ハブ端末1400のマルチ変調モデム1432は図11、12で

説明されているのと同一のマルチ変調モードである。マルチ変調モード1432はバースト・バイ・バーストベースでマルチ変調モードを使用して送信することができ、前述したようにQPSK、16-QAM、64QAMをサポートする。バス制御装置1434、制御プロセッサ1436、マルチ転送モードセルバスも遠隔端末の屋内装置のものと同じである（詳細には先の図面を参照）。

【0166】しかしながら、ハブ端末1400のデジタルベースバンドセクション1430の制御プロセッサ1436はエレメント管理システムと規則的にコンタクトする。したがって、制御プロセッサ1436はマルチ転送モードセルバス1416とエアインターフェイス上のトラヒックの全てのタイムスロットの割当を行う。これはまたSSIモジュールから、マルチ転送モードバスフレームフォーマットおよびエアインターフェイスフレームフォーマットの適切なタイムスロットへDS0をマップするタイムプランを生成する。制御プロセッサ1436は、TDM DS3 SSIモジュール1418のようなサービス特定インターフェイスに対して、（タイムプランにより）マルチ転送バスからのトラヒックを送信し、コピーするときと、混合されたトラヒックを割当てるためのヘッダ情報について指令する。制御プロセッサ1436はエアインターフェイスフレームフォーマットのオーバーヘッドメッセージングを使用して、遠隔端末の屋内装置のプロセッサと通信する。

【0167】メインテナントポート1410は遠隔端末の屋内装置のメインテナントポートと類似している。メインテナントポート1410は屋内装置1406のメインテナントおよび試験のためのラップトップPCの直列ポートセルをサポートするために使用される。メインテナントポート1410は、制御プロセッサ1436とインターフェイスするため、RS 232 ポートのようなメインテナントインターフェイス1438を使用する。

【0168】LAN制御装置1440は遠隔端末中にはなく、中央局のエレメント管理システムとインターフェイスを行うPCIバスベースの制御装置である。LANインターフェイス1444は典型的にイーサネット10ベースTライインであるLANインターフェイスライン1412とインターフェイスする。LANインターフェイスライン1412は広域ネットワーク（WAN）への接続を可能にする。エレメント管理システムはLAN制御装置1440と通信するためにWANを使用する。エレメント管理システムは動作、統括、管理信号をCCM1420の制御プロセッサ1436へ送信する。LAN制御装置1440はまた、制御プロセッサ1436が同一ハブサイトのその他のハブ端末1400の制御プロセッサ1436と通信することを可能にする。

【0169】タイミング論理装置1442はT1インターフェイス1446を経て別々のランドベースT1（DS1）基準ライン1414からタイミング基準ソースを受信し、これを1対多システム全体で使用されるシンボルレートに変

換する。したがって、タイミング論理装置1442は、SSIモジュール（図22乃至29）と遠隔端末に結合されるファイバ拡張装置モジュール（図37乃至39）とを含む遠隔端末までの全ての経路で使用されるタイミングを生成する。その代わりに、ハブ端末1400の基準クロックは、DS3-TDM SSIモジュールから検索されたDS3ラインクロックまたはDS3トランスペアレントラインソースと、DS1ライン1またはDS3-TDM SSIモジュールのライン28からのDS3-TDM SSIモジュールに埋設されたDS1ソースと、OC3c ATM SSIモジュールから再生されたOC3cラインクロック、図14で示されているようなDSI基準ライン1414を含む幾つかのソースから来てもよい。

【0170】ハブ端末1400の基準クロックはエアインターフェイスを通じて遠隔端末に送信される。これは入力基準クロックからタイミング論理装置1442のシンボルレートクロックを導出し、その後遠隔屋内装置で受信されたシンボルレートを使用して必要なネットワークインターフェイスクロックを生成することによって行われる。
20 送信された基準クロックがランドラインクロックの安定性に整合し、また関連するジッタ、ワンド、ホールドオーバ、クロック追跡能力の基準を満たすことが重要である。したがって、基準クロックの前述のソースは層-1レベルまたは同等のタイミングソースであるべきであり、それによって1対多システムで必要な安定性を与える。

【0171】制御プロセッサ1436は、チャネルおよび制御モジュールを動作し、メインテナントポート1410、LAN制御装置1440、タイミング論理装置1442、マルチ転送モードセルバス1416を調節する減少された命令セットコード（RISC）プロセッサである。これはまた利得制御のためにIFトランシーバ1422に送信される制御信号1437を発生する。

【0172】マルチ転送モードセルバス1416はATMおよびTDMトラヒックの両者をバス制御装置1434へまたはバス制御装置1434からSSIモジュールへ転送することができる同期TDMセルバスである。マルチ転送モードセルバス1416を図16乃至19を参照してより詳細に説明する。マルチ転送モードセルバス1416はATMトラヒックを転送するための1つのバスと、TDMトラヒックを転送するための別のバスを使用する従来のバスシステムよりも改良されている。

【0173】屋内装置1406は4つのSSIポートを有するが、図23、24を参照して説明されるTDM-DS3 SSIモジュール1418と、図25を参照して説明されるATM-OC3c SSIモジュール1419と、図26を参照して説明されるDS3トランスペアレントSSIモジュール1421を含む3つのSSIモジュールだけを使用する。TDM-DS3 SSIモジュール1418は、28のT1ライン（28 DS1）であるDS3ライン

を経てTDMトラヒックを転送するためのものである。ATM-OC3c SSIモジュール1419は、OC3cラインを経てATMトラヒックを転送するためのものである。DS3トランスペアレントSSIモジュール1421は、1対多システム内の1対1リンク用の非同期（例えばATM）または非同期データ（例えばTDM）を転送するために例えば12.5MHzのサブチャネル（セクタ）の帯域幅全体を使用する。

【0174】[マルチ転送モードセルバス] 次に図16を参照すると、マルチ転送モードセルバスのバスフレームフォーマットが示されており、これは図9と図15に示されているハブ端末および遠隔端末の屋内装置のチャネルおよび制御モジュール（CCM）と図22乃至29で示されているSSIモジュールとの間にインターフェイスを行い、図5のエAINターフェイスフレームフォーマットとの関係を示している。図の1500はマルチ変調モデル1502、バス制御装置1504、SSIモジュール1506、エAINターフェイスフレームフォーマット1508、マルチ転送モードセルバス1510（マルチ転送モードバスとも呼ぶ）、マルチ転送モードバスフレームフォーマット1512を示している。マルチ転送モードバスフレームフォーマット1512（以後、バスフレームフォーマット1512と呼ぶ）は同期スロット1514と、多数のメッセージスロット1528を含むインターモジュール通信セクション（以後、IM-Comセクション1516と呼ぶ）と、多数のデータスロット1526を含むセルバスデータセクション1518（以後、CB-データセクション1118と呼ぶ）とを有する。また対応するエAINターフェイスフレームフォーマット1508（図5で示されている）も示されており、オーバーヘッドセクション1520、スペアセクション1524、トラヒックセクション1522を有する。

【0175】SSIモジュール1506はマルチ転送モードセルバス1510を経てバス制御装置1504へ結合されている。バス制御装置1504はマルチ変調モデル1502へ結合され、マルチ変調モデル1502は屋内装置（図示せず）のIFトランシーバに結合されている。マルチ転送モードセルバス1510はバスフレームフォーマット1512を使用し、マルチ変調モデル1502はエAINターフェイスフレームフォーマット1508を出力する。

【0176】実際に、マルチ転送モードセルバス1510は、TDMトラヒックとATMトラヒックに別々のバスを必要とする従来技術のバスとは対照的に、（ATMトラヒックのような）非同期信号と（TDMトラヒックのような）同期信号との両者を伝送する。マルチ転送モードセルバス1510は、屋内装置のチャネルおよび制御モジュールと個々のSSIモジュール1506（図22乃至29）との間にリンクを提供する。マルチ転送モードセルバス1510は、固定した長さのバスフレームフォーマット1512を使用する8ビット同期TDMセルバスである。第1のタイムスロットは遠隔端末の屋内装置と拡張屋内装

置（EIDU）との間の同期の目的に使用される同期スロット1514であり、図37乃至39を参照してさらに説明する。バスフレームフォーマット1512のIM-Comセクション1516の残りのメッセージタイムスロット1528はバスフレームの長さに基づいた固定した長さである。さらに、示されている図はハブ端末および遠隔端末の両者に対応する。特定のSSIモジュール1506は遠隔端末またはハブ端末であるか、およびこれらに結合するサービスのいずれかに基づいて変化する。

【0177】バスフレームフォーマット1512の長さは、バスフレームフォーマット1512が図4乃至8で説明されているようにエAINターフェイスフレームフォーマット1508に直接マップすることができるよう選択されている。例えば、エAINターフェイスフレームフォーマットが長さが6ミリ秒であるならば、バスフレームフォーマット1512もまた長さが6ミリ秒であり、エAINターフェイスフレームフォーマット1508と整合している。バスフレームフォーマット1512のCB-データセクション1518はエAINターフェイスフレーム1508のトラヒックセクション1522にマップする。さらに、CB-データセクション1518の異なる数のデータタイムスロット1526をエAINターフェイスフレームフォーマット1508のトラヒックセクション1522内で相違して変調されたトラヒックバーストに割当てることができる。例えば、エAINターフェイスフレームフォーマット1508で、CB-データセクション1518の12のデータタイムスロット1526は1QPSKカッドトラヒックバーストにマップされ、または6タイムスロットは16-QAMカッドトラヒックバーストにマップされ、または4タイムスロットは64-QAMカッドトラヒックバーストにマップされる。

【0178】エAINターフェイスフレームフォーマット1508のオーバーヘッドセクション1520は遠隔端末の屋内装置とハブ端末の屋内装置のCCM間の通信にのみ必要とされる。したがって、オーバーヘッドセクション1520は屋内装置のCCMのバス制御装置1504によりドロップされ、それによって同期スロット1514とIM-Comセクション1516は有效地にその位置に固定される。したがって、IM-Comセクション1516はCCMのホストプロセッサ（例えば制御プロセッサであるが図示せず）とSSIモジュールのローカルプロセッサとの間に制御／状態通信インターフェイスを設ける。したがって、IM-Comセクション1516と同期スロット1514は、バスフレームフォーマット1512がエAINターフェイスフレームフォーマット1508に直接対応することを可能にするのに必要な長さを有する。

【0179】このバスフレームフォーマットのマッピングはメッセージングとデータを通信するために2つの別々のバスフレームフォーマットをしばしば使用する従来技術と異なる。さらに、既知の従来技術のバスフレーム

フォーマットはエインターフェイスフレームフォーマットに直接対応しない。したがって特別に設計されたバスフレームフォーマット1512はエインターフェイスフレームフォーマット1508に直接対応する。

【0180】マルチ転送モードセルバス1100はまたエインターフェイスシンボルレートに整合する固定した周波数で動作する。例えばエインターフェイスが10M s p sのシンボルレートで動作するならば、マルチ転送モードセルバス1510は10M b p sで動作する。ハブ端末では、マルチ転送モードセルバス1510のタイミングは図14で示されているようにタイミング基準、またはリンクから転送ネットワークへ導出される。遠隔端末では、マルチ転送モードセルバス1510のタイミングはハブ端末から送信されたシグナリングから導出される。CBデータセクション1518は固定した長さのデータタイムスロット1526を有している。有効に、データタイムスロット1526はそれらが特別にフォーマットされたTDMセルおよびATMセルの両者を伝送するように構成され、TDMセルおよびATMセルは図32と図33で同一のバスフレームフォーマット1512で示されている。再度これは別々のバスフレームフォーマットがATMとTDM転送に使用される従来技術と異なっている。IM-COmセクション1516の各メッセージタイムスロット1528内に適合するIM-COmセルの構造と、CBデータセクション1518の各データタイムスロット1526内に適合するCBデータセルの構造をそれぞれ図17と図18を参照して説明する。したがって、図16に説明されているように、CBデータセクション1518のデータタイムスロット1526内に適合するCBデータセルはATMセルまたは特別に設計されたTDMセルのいずれかを伝送するように設計されている。

【0181】さらに、マルチトラヒックモードセルバス1510はメッセージング（即ちIM-COmセクション1516における）とデータ（即ちCBデータセクション1518における）を同一バスで結合し、一方、従来のシステムでは典型的に別々のバスがメッセージングおよびデータ転送との両者に使用される。1つのセルバスだけを使用する1つの利点はセルバス構造で使用されるピン数を減少することである。

【0182】データタイムスロット1526はエアフレームフォーマット1108に対応するように選択されている。データタイムスロット1526は異なった数のバイトを含んでいるが、CBデータセクション1518のデータタイムスロット1526の長さは、これらが標準的な53バイトのATMセルおよび53バイトのTDMセルに適合するように設計されているので53バイトよりも小さくではない。理想的には長さは図17と図18で示されている制御バイトに適するために55バイトよりも小さくではない。タイミング信号またはクロックもマルチ転送モードセルバス1510の一部である。マルチ転送モードセ

ルバス1510を構成する特定のラインまたは信号については図19を参照する。

【0183】IM-COmセクション1516のメッセージタイムスロット1528は特定の割当てを有するように構成されている。各SSIモジュールが屋内装置に接続されるのに有効である特定のメッセージタイムスロット1528が1つ存在する。さらに各ファイバ拡張モジュール用のメッセージタイムスロット1528と、マスターおよびスレーブとの両者（図38）と、拡張屋内装置すなわちEIDU（図37）の4つのSSIポートのそれぞれに対して1つのメッセージタイムスロット1528が存在する。また必要なときに任意のSSIモジュール1506に動的に割当てられることのできる利用可能な付加的なメッセージタイムスロット1528が存在してもよい。

【0184】図17を参照すると、図16のマルチ転送モードセルバスにより使用されるIM-COmセル1600の構造が示されている。IM-COmセル1600は、ヘッダ1602を有し、ヘッダ1602はSSI ID1606と、技術で知られているようなメッセージ信号（semaphore）1608と、未使用のセクション1610を含んでいる。IM-COmセル1600はまたメッセージセクション1604を含んでいる。ヘッダ1602はSSI ID1606用の第1のバイトを含んでおり、これはデータを同一のタイムスロットに位置させようとする異なったSSIモジュール間の衝突を解決するために使用される。第2のバイトはメッセージ信号1608のためのものであり、第3のバイトは未使用である。

【0185】SSI ID1606は例えば8ビットのビット数を含むフィールドである。SSI ID1606の下位

30 4ビットは屋内装置に結合されたSSIモジュール用に使用され、SSI ID1606の上位4ビットはそれぞれの拡張屋内装置により使用される（図37参照）。したがって1ビットは各SSIモジュールと、マルチ転送モードセルバスとインターフェイスする各拡張屋内装置に割当てられる。動作において、特定のSSIモジュールがタイムスロットに送信するとき、“0”ビットをSSI ID1606ビットに位置するか、そうでなければSSI ID1606ビットは“1”である。メッセージタイムスロットは1つのSSIモジュールにのみ割当てられる40 ので、SSI ID1606のビットのうちの1つだけがIM-COmセクションの任意の所定のメッセージタイムスロットで“0”であるべきである。したがって、もしもSSI ID1606の第3のビットがSSIポート#3のSSIモジュールに割当てられるならば、SSI ID1606の下位4つのビットはSSIポート#3のSSIモジュールが送信されているタイムスロットで“1011”であるべきである。IM-COmセクションの特定のメッセージタイムスロットに対してSSI ID1606のそれぞれ上位および下位4ビットに2以上の“0”ビットが存在するならば、屋内装置のチャネルおよび制御

モジュール（CCM）は衝突を解決する。

【0186】メッセージセクション1604を有する残りのnバイトは、CCM制御プロセッサとSSIモジュールのローカルプロセッサの間のメッセージングに使用される。このメッセージングは送信および受信するとき使用されるメッセージタイムスロットとその他の制御情報をSSIモジュールに通知する。IM-COmセル1600は屋内装置のバス制御装置の制御プロセッサ、または個々のSSIモジュールのローカルプロセッサによりフォーマット化される。

【0187】次に図18を参照すると、図16のマルチ転送モードのTDMセルバス上を伝播するCBデータセル（トラヒックセルとも呼ぶ）の構造を示した図が示されている。トラヒックセル1700は、ヘッダ1702、データセル1704（ペイロードセルとも呼ぶ）、スペアセクション1706を有する。ヘッダ1702はSSI ID1708（図17参照）用の第1のバイトと、ペイロード状態1710用の第2のバイトとを含んでいる。

【0188】トラヒックセル1700はバスフレームフォーマットのCBデータセクション1518のデータタイムスロット1526のうちの1つに適合する。トラヒックセル1700はIM-COmセル1600の長さに一致するように設計されてもよい。さらにトラヒックセル1700の長さは、1以上のトラヒックセル1700がエAINターフェイスフレームフォーマットのトラヒックバーストに有效地にマップされることがないようにされている。例えば、2つのトラヒックセル1700は1つの16-QAMの單一トラヒックバーストを構成し、または12のトラヒックセル1700は1つのQPSKカッドバーストを構成する。

【0189】トラヒックセル1700内のデータセル1704は有效地に53バイトの長さで標準的なATMセルの大きさであることが有効である。これは53バイトのATMセルのような非同期信号、または特別に設計された53バイトのTDMセル（図33参照）内でフォーマットされた53バイトのTDMデータのような同期信号をデータセル1704で転送することを可能にする。したがってATMとTDMセルはSSIモジュール（特にSSIモジュールのフォーマッタ）によりマルチ転送モードセルバスへ多重化される。この特徴はTDMトラヒックを転送するための1つのTDMセルバスおよびATMトラヒックを転送するための別のセルバスを有する必要性をなくす。

【0190】スペアセクション1706は残りのバイトを含んでおり、この実施形態では使用されていない。スペアセクション1706は、バスフレームフォーマットがエAINターフェイスフレームフォーマットと整合するよう作られることができる長さを有し、それによってバスフレームフォーマットがエAINターフェイスフレームフォーマットに容易にマップされる。エAINターフェイスフレームフォーマットおよびその他のシステムパラメ

ータの設計に基づいて、トラヒックセル1700内のデータセル1704はより多数のバイトを含んでもよいが、53よりも少数のバイトを含まず、53バイトのATM標準セルとの競合を維持する。

【0191】さらにトラヒックセル1700はn個のバイトを含んでいる。トラヒックセル1700のサイズはエAINターフェイスフレームフォーマットの長さと、使用される周波数と、最小のデータセルサイズに基づいている。

図18で示されているように、トラヒックセル1700は5103バイトのデータセル1704とヘッダセクション1702を考慮して少なくとも55バイトであるべきである。データセルはATMセルとTDMセルとの両者を伝播することができ、標準的なATMセルの長さは新しい標準的な長さに置換されるならば、種々のセルサイズがそれにしたがって調節されることにも留意する。

【0192】次に図19を参照すると、マルチ転送モードセルバスのタイミング図1800が図16乃至18で示されている。以下のセルバス信号はマルチ転送モードセルバス、即ちCB_CLK_1802、CB_TX_FS_1804、CB_TX_TSS_1806、CB_TX_DATA(7:0)_1808、CB_RX_DATA(7:0)_1810、CB_RX_FS_1812、CB_RX_TSS_1814、CB_TX_SF_S_1816、CB_RX_SF_S_1818を含んでいる。

【0193】CB_CLK_1802信号はエAINターフェイスシンボルレートに対応する周波数を有するクロックであり1ラインである。CB_RX_TSS_1814は毎タイムスロットで单一のクロックを有する受信フレーム同期であり、1ラインである。CB_RX_FS_1812は单一のクロックパルスフレームを有する受信フレーム同期であり1ラインである。CB_RX_SF_S_1818は毎スーパーフレームの都度、单一のクロックパルスを有する受信スーパーフレーム同期であり1ラインである。CB_RX_DATA(7:0)_1810は8ラインである8ビットデータセルバスである。その代わりに、セルバスは16、24、32等のビットのセルバスである。セルバス構造はそれにしたがって変更される。CB_TX_TSS_1806は毎タイムスロットの都度、单一クロックを有する送信タイミング同期であり1ラインである。

CB_TX_F_S_1804は毎フレームに单一クロックを有する送信フレーム同期であり1ラインである。CB_TX_SF_S_1816は毎スーパーフレームの都度、单一のクロックを有する送信スーパーフレーム同期であり1ラインである。CB_TX_DATA(7:0)_1808は8ラインである8ビット送信データセルバスである。したがって、マルチ転送モードセルバスは全部で23ラインを有し、図19で示されているようにタイミングを有する。

【0194】マルチ転送セルバスは、ハブ端末であっても、遠隔端末であっても、屋内装置のチャネルおよび制

御モジュール（CCM）と加入者がインターフェイスするSSIモジュールとの間のリンクとして使用される。有効に、マルチ転送モードセルバスはATMとTDMトラヒックを転送するための2つの別々のバスを置換し、インターモジュール通信とデータセルを同一のセルバスフレームフォーマットで結合する。

【0195】[エAINターフェイスにわたるデータ流] 次に図21を参照すると、図2の実施形態で示されているように、1対多システムにより行われるハブ端末の屋内装置と、遠隔端末の屋内装置との間のデータ流の主なステップを示したフローチャートが示されている。図21内の特別なステップを参照しながら、その他の関連する図面を参照する。記載されているステップは一般的であり、1対多システムへの通信リンクにわたるデータ転送の概略を与えることを目的とする。

【0196】同期（TDM）および非同期（ATM）トラヒック（または信号）の両者は転送ネットワークにより中央局からハブサイトのハブ端末のSSIモジュールに伝送される。SSIモジュールはマルチ転送モードセルバスフレームフォーマットを使用して、混合されたトラヒックをフォーマットし、マルチ転送モードセルバスに多重化する（ステップ1902）。マルチ転送モードセルバスで、混合されたトラヒックをフォーマットを定め單一フォーマットに多重化するためのSSIモジュールにより使用される特別な技術についてこの明細書で以下説明するが、このフローチャートのために説明するのではない。説明したようにマルチ転送モードセルバスは（ATMのような）非同期トラヒックと（TDMのような）同期トラヒックとの両者を伝送するが、残りのハブ端末は遠隔端末はこれらがATMおよびTDMセルの両者を伝播していることを気付かない方法で伝送される。したがって、マルチ転送モードセルバスのデータのフォーマット化と、エAINターフェイスフレームフォーマットのマルチ転送モードセルバスのデータのマッピングを通して、1対多システムは多数のトラヒックタイプをサポートする。

【0197】プロセス1900に統いて、マルチ転送モードセルバスのバスフレームフォーマットは、インターモジュール通信セクション（IM-C_m）を除去し、それをエAINターフェイスフレームフォーマット用の対応するオーバーヘッドセクションと置換することによって、マルチ転送モードセルバスのバスフレームフォーマットはエAINターフェイスフレームフォーマットに変換される（ステップ1904）。図9、14、15で示されているようなバス制御装置がこのステップを行う。IM-C_mセクションは、特定のSSIモジュール（例えばTDM-DS3SSIモジュールとATM-OOC3cSSIモジュール）と通信するためにハブ端末の屋内装置のチャネルおよび制御モジュール（CCMとも呼ぶ）により使用される。オーバーヘッドセクションは遠

隔端末のCCMと通信するためにハブ端末のCCMで使用される。バス制御装置はまた、マルチ転送モードセルバスのタイムスロットを正確な数のエAINターフェイスバーストにフォーマットすることによってバスフレームフォーマットをエAINターフェイスフレームフォーマットに変換する。バス制御装置はまた図7のA、Bで説明されているようにバーストがカッドバーストであるかまたは単一のバーストであるかを決定する。

【0198】一度、エAINターフェイスフレームフォーマットにフォーマットが設定されると（ステップ1904）、前述したように利用可能な変調モードのうちの1つを使用してバースト・バイ・バーストベースで変調される（ステップ1906）。これによって単一のハブ端末（セクタ無線装置）は、遠隔端末が位置されている区域にかかわりなく特定のセクタ内の各遠隔端末と有効に通信できる。これはまた利用可能な帯域幅を効率的に使用する。次に、エAINターフェイスフレームフォーマットにおける変調された信号は通信リンクの無線周波数へアップコンバートされる（ステップ1908）。これはIFトランシーバセクションの動作において図15でさらに十分に説明されており、IFトランシーバセクションは屋内装置において変調された信号を中間周波数へアップコンバートし、再度無線通信リンクのマイクロ波無線信号にアップコンバートする（即ち図2の実施形態では3.8GHz）。

【0199】信号は、50MHzチャネルの1.2.5MHzサブチャネルを使用して、エAINターフェイスによって全ての遠隔端末へ放送される（ステップ1910）。エAINターフェイスによって伝播する信号は、同じエAINターフェイスフレームフォーマット内で伝送される同期信号（例えばTDM）と非同期信号（例えばATM）との両者であることに留意することが重要である。さらに、エAINターフェイスバーストは異なって変調され、それによって基本的に3つの異なるトラヒック流が生成される。各トラヒック流はQPSK、16-QAM、64-QAMを使用して変調される。64-QAMのようなより高次の変調（より大きなビット/秒/Hz）により変調されたトラヒック流は、QPSKのような低い低次の変調（より小さいビット/秒/Hz）を使用する信号よりも早く劣化する。したがってQPSK流は64-QAM流よりも遠くへ伝送する。これは単一のセクタ無線装置がエフレームフォーマット内でただ1つの変調を使用して送信し、ただ1つの転送モードを使用してトラヒックを伝送する既知の従来技術とは異なっている。したがって、この実施形態の単一のハブ端末（セクタ無線装置）は従来技術の各セクタ内でn個の区域を有する1対多システムのn個のハブ端末（セクタ無線装置）を置換する。

【0200】遠隔端末では、変調された信号は例えば無線通信リンクのような通信リンクから受信される（ステ

ップ1912)。遠隔端末は(十分に劣化されていない)通信リンク上の全ての信号を受信することに注意すべきである。受信された信号はその後、復調のためにベースバンド信号へダウンコンバートされる(ステップ1914)。その後、受信されたエアフレーム上の信号が復調される(ステップ1916)。信号はハブ端末で信号を変調した同一のマルチ変調モデムを使用してバースト・バイ・バーストベースで復調される。しかしながら、マルチ変調モデムは、特定の遠隔端末が復調するように構成されている特定のトラヒックバーストだけを復調するように構成されている。例えば、ハブ端末に最も隣接した区域に位置する遠隔端末はQPSK変調されたオーバーヘッドバーストと64-QAM変調されたトラヒックバーストだけを復調し、16-QAMまたはQPDK変調されたトラヒックバーストを復調しない。全ての遠隔端末はQPSKを使用して変調されたオーバーヘッドバーストを復調することに注意すべきである。この実施形態では64-QAMは最高次数の変調であるが、変調は記載した特定の変調に限定されない。

【0201】一度、遠隔端末の予め定められた形態にしたがって信号が復調されると、エアインターフェイスフレームフォーマットの信号はマルチ転送モードセルバスのバスフレームフォーマットに変換される(ステップ1918)。これは屋内装置のCCMのバス制御装置で実現される。エアインターフェイスフレームフォーマットのオーバーヘッドセクションは除去され、バスフレームフォーマットのIM-COMセクションが付加される。付加的に、エアインターフェイスフレームフォーマットのバーストはマルチ転送モードセルバスのバスフレームフォーマットの対応するタイムスロットへマップされる。最終的に、マルチ転送モードセルバスのトラヒックはSSIモジュールに転送され(ステップ1920)、それによってSSIモジュールは混合されたトラヒックを分類して、適切な加入者へ転送する。逆方向のデータ流は単にステップ1902乃至1920の説明と逆にしただけである。

【0202】[サービス特定インターフェイスモジュール]1対多システムは、例えばTDM-DS3SSIモジュール、ATM-OC3cSSIモジュール、Quad DS1/AAL1SSIモジュール、DS3

トランスペアレントSSIモジュールのような加入者に特定のニーズに対する多数の標準的なインターフェイスを可能にする。しかしながらこれらの各標準的なインターフェイスは非同期トラヒック(ATM)と同期トラヒック(TDM)との両者を伝送しているので、マルチ転送モードセルバスとインターフェイスするように構成されなければならない。したがってSSIモジュールはマルチ転送モードセルバスで異なったタイプのトラヒックをフィルタリングすることができなければならず、それによって正確なトラヒックセルが抽出され、加入者へ送られることができる。さらにこれらの各インターフェ

イスは、これらが伝送しているトラヒックのフォーマットを設定してマルチ転送モードセルバスに送信するよう特別に設計されなければならない。図22乃至29は1対多システムで使用される幾つかの異なるタイプのSSIモジュールと、マルチ転送モードセルバスとインターフェイスするために使用される技術と、マルチ転送モードセルバスで送信するためトラヒックをフォーマット化するために使用する技術について論じている。

【0203】次に図22を参照すると、Quad DS1/AAL1SSIモジュールのブロック図が示されている。Quad DS1/AAL1SSIモジュール2000は図16乃至19を参照して説明されているようなマルチ転送セルバス2002と、セル制御セクション2004と、ATMプロセッサセクション2006と、タイミングセクション2008と、プロセッシングセクション2010と、ラインインターフェイスセクション2012とを含んでいる。セル制御セクション2004はセルフォーマッタ2014(信号フォーマッタとも呼ぶ)と、送信バッファ2016と、受信バッファ2017と、制御論理装置2018と、PCMインターフェイス論理装置2020と、ATMバッファ2024とを備えている。ATMプロセッサセクション2006はAAL1(ATM適応レイヤ1)SAR2022とATMバッファ2024を含んでいる。タイミングセクション2008はタイミング論理装置2026を備えている。プロセッシングセクション2010はマイクロプロセッサ2028とメッセージバッファ2030を有している。ラインインターフェイスセクション2012は4つのT1/E1フレーマ2032と4つのT1/E1ポート2034を含んでいる。またTDMバス2036、UTOPIAバス2038、パルスコード変調バス2040(PCMバス2040とも呼ぶ)、CPバス2042を含む幾つかの接続バスも示されている。

【0204】Quad DS1/AAL1SSIモジュール2000は4つのT1ラインまたはE1ラインが1対多システムとインターフェイスすることを可能にするモジュールである。カッドDS1/AAL1SSIモジュールはデュアル転送モードSSIモジュールであり、これは加入者の好み、すなわち、カッドDS1/AAL1SSIモジュールまたはカッドDS1/AAL1ATMSSIモジュールに基づいて、TDMモードまたはATM AAL1モードで動作するように構成されることを意味する。データはDS0レベルでDS1(T1ライン)で多重化され、これは24のDS0を含んでいる。従来技術のカッドDS1 TDM SSIモジュールとカッドDS1/AAL1 ATM SSIモジュールが存在するが、しかしながら、単一の従来技術のカッドDS1 TDM SSIモジュールはQuad DS1/AAL1SSIモジュール2000のようにカッドDS1/AAL1 ATM SSIモジュールであるように構成されることはできない。付加的に、使用されるカッドDS1/AAL1SSIモジュール2000は

マルチ転送モードセルバス2002とインターフェイスするように構成されなければならない。一度2つのデータ転送タイプのうちの1つをサービスするように構成されると、Quad DS1/AAL1 SSIモジュール2000はそのトラヒックタイプのみを処理する。したがって、カッドDS1/AAL1 SSIモジュール2000の動作を両方のモードで説明する。その代わりに、カッドDS1/AAL1 SSIモジュール2000は同時に両トラヒックタイプをサポートするように構成される。

【0205】ATMモードで動作するとき、トラヒックはQuad DS1/AAL1 SSIモジュール2000へ入り、遠隔端末の屋内装置からマルチ転送セルバス2002を通ってセルフォーマッタ2014へ到着する。マルチ転送セルバス2002はATMとTDMとの両方のトラヒックを伝送し、したがって（バス制御装置としても呼ばれる）セルフォーマッタ2014はTDMセルを廃棄しながらATMセルを抽出することができる必要がある。付加的に、セルフォーマッタ2014はSSIモジュールがインターフェイスされている特定の加入者を目的地としたATMセルと不必要的ATMセルとを区別できなければならない。前述したように、無線またはエAINターフェイスから遠隔端末に入るトラヒックは3つのうちの1つの変調モードである。1つの特定の遠隔端末はエAINターフェイスフレームフォーマットのトラヒックセクションの変調モードのうちの1つだけを復調し、したがってあるトラヒックのみがマルチ転送モードセルバス2002に受信される。さらに、復調されたトラヒックは対応するSSIモジュールへ分割される必要がある。

【0206】セルフォーマッタ2014はマルチ転送モードセルバスのIM-COMセクションの構成されたタイムスロットを聴き、それによってメッセージバッファ2030へ適切なメッセージングセルをコピーし、これはデュアルポートRAMである。図16を参照すると、マルチ転送モードセルバスに結合される各SSIモジュールはそれに専用に使用されるIM-COMセクションの特定のタイムスロットを有することがわかる。したがって、セルフォーマッタ2014はそのIM-COMセクションの特定のタイムスロットのみを読む。IM-COMセルからのメッセージングはマイクロプロセッサ2028へ伝送され、それによってQuad AAL1 SSIモジュール2000のマイクロプロセッサ2028は屋内装置のCCMとの動作を調整することができる。マイクロプロセッサ2028は減少された命令セットコード(RISC)プロセッサである。

【0207】セルフォーマッタ2014はマルチトランステューサポートモードセルバスのCBデータセクションからのトラヒックセルのうちどれを廃棄し、どれを維持するかを決定するためのATMアドレスフィルタリング技術を使用する。ATMアドレスフィルタリングを図30乃至36を参照して説明する。図34で示されている

VC1検索テーブルは受信バッファ2017中に位置され、これはスタティックRAMである。

【0208】図30乃至36で示されているように適切に濾波されるAAL1 ATMセルをトラヒックセルが含んでいるならば、AAL1 ATMセルはトラヒックセルのパックから分離され、ユートピアバス2036を経てAAL1 SAR 2022(セグメント化およびリアセンブリ)へ伝送され、ここでAAL1 ATMセルは直列データ流へ変換され、T1/E1フレーメ2032へ送られる。PCMインターフェイス論理装置2020はATMモードで使用されないことに注意すべきである。ATMバッファ2024(スタティックRAM)はATMセルをバッファするために使用され、それによってこれらはパケットに再び組立てられ、それぞれのT1/E1フレーメ2032へ送られ、フレームが形成され、それぞれのT1ライン(またはE1ライン)上でT1/E1ポート2034を通じて加入者へ送信される。マイクロプロセッサ2028はT1/E1フレーメ2032からセルフォーマッタ2014およびAAL1 SAR 2022へのデータ流を制御する。

【0209】データ流はT1ライン(またはE1ライン)からT1/E1ポート2034とT1/E1フレーメ2032に入るトラヒックと反対である。データはT1/E1フレーメ2032からAAL1 SAR 2022へ流れ、AAL1 SAR 2022でトラヒックはATMセルへセグメント化される。ATMセルはユートピアバス2036を経てセルフォーマッタ2014へ送られ、マルチ転送モードセルバス2022に多重化されるのを待機する。メッセージバッファ2030はまたATMセルをマルチ転送モードセルバス2022へ位置させるのに必要なマッピングを含んでいる。

【0210】TDMモードで動作するとき、セルはマルチ転送セルバス2022へ到着し、したがってマルチ転送モードセルバスの各タイムスロットは1つのセルを伝送する。セルフォーマッタ2014はセルバス2022から維持するセルを決定する。マルチ転送セルバス2002から受信されたモジュール間通信メッセージ(IM-COM)はメッセージバッファ2030を経てタイムプランをセルフォーマッタ2014に伝送する。したがって、セルフォーマッタ2014はどのセルがマルチ転送モードセルバス2002内のどのタイムスロットからコピーされたかを知り、したがって特定の加入者を目的とするTDMセルのみがコピーされる。TDMセルはその後、受信バッファ2017へコピーされ、これはTDMセルがデータセルであるならばスタティックRAMである。セルフォーマッタ2014がセルをコピーしたとき、図44乃至50のTDMバッファを参照して説明するようにこれらのパックをDS0へ分解する(PCMデータとシグナリングデータの両者)。

【0211】付加的に、セルフォーマッタ2014はデータを受信バッファ2017へ再度パックし、これは図46乃至49でさらに記載されているようにセルのタイプに基づいてスタティックRAMである。受信バッファ2017はま

たセルバスタイムスロットをそれぞれのT 1/E 1 タイムスロットへマッピングするためのタイムプランを含んでいる。正確な時間で、PCMインターフェイス論理装置2020はT 1/E 1 ラインと各タイムスロットの正確なデータ（PCMとシグナリング）を抽出し、これをDS 1へパックし、PCMバス2040を経てT 1/E 1 フレーマ2032へ送信し、ここでデータはフレームにされT 1/E 1 ラインで送信される。

【0212】データ流はT 1/E 1 ラインを経てQuad DS 1 SSIモジュール2000へ到着するTDMデータと反対である。

【0213】タイミングセクション2008はタイミング論理装置2026を含んでいる。タイミング論理装置2026は典型的に複数プログラム可能な論理装置（CPLD）と位相ロックループ（PLL）を備えている。Quad DS 1/AAL1 SSIモジュールはそのタイミングをマルチ転送モードセルバス2002から受信し、これは前述したようにハブ端末のタイミングから再生された。動作と構成が当業者に容易に理解されるので、全てのブロックを十分に説明していないことに注意すべきである。

【0214】Quad DS 1/AAL1 SSIモジュール2100、または示されている任意の他のSSIモジュールは実際にマルチ転送モードセルバス2002を含んでいるが、マルチ転送モードセルバスへのインターフェイスを含んでいないことに留意する。マルチ転送モードセルバスは、理解を容易にするためにQuad DS 1/AAL1 SSIモジュール2100と図25乃至29のその他のSSIモジュールの一部として示されている。セルフォーマッタ2014はTDMトラヒックおよびATMセルを1対多システムを経て送信するためにセルヘッダーマッタし、したがって信号フォーマッタとも呼ばれることに注意すべきである。信号フォーマッタは個々のSSIモジュールではセルフォーマッタとして、明細書全体を通じて種々に説明される。しかしながら他の実施形態では信号フォーマッタは、例えばハブ端末および遠隔端末のマルチ変調モデムまたはバス制御装置等、1対多システムのその他のコンポーネント中に位置されることができる。一般的に説明されるように、信号フォーマッタ（特にセルフォーマッタ）は異なった転送モード信号を1対多システムを経て送信されるのに適したフォーマット（セル）ヘッダーマッタ化する。

【0215】次に図23、24を参照すると、図2のハブ端末の屋内装置で使用されるTDM-DS 3 SSIモジュール2100のブロック図が示されている。TDM-DS 3 SSIモジュール2100はセルフォーマッタ2102（信号フォーマッタとしても呼ぶ）、メッセージバッファ2104、制御論理装置2106、中央処理装置（CPU）2108、プロセッサバス2110、送信PCMバッファ2112、送信シグナリングバッファ2114、受信PCMバッファ2116、受信シグナリングバッファ2118、PCMインターフ

エイス2120、システムバス2122、オクタルT 1/E 1 フレーマ2124、28T 1/E 1 ライン2126、M 13マルチプレクサ2128、送信/受信ラインインターフェイス装置（TX/RX LRU）2130、ループバック2132、DS 3インターフェイス2134を含んでいる。またマルチ転送モードセルバス2136も示されている。

【0216】TDM-DS 3 SSIモジュール2100は、転送ネットワークへの高速度DS 3 ラインとインターフェイスするため、1対多システムの各ハブ端末で使用されるTDMベースのSSIモジュールである。TDM-DS 3 SSIモジュール2100は1対多システムとインターフェイスするため28T 1/E 1 ライン（28 DS 1）を含むDS 3 ラインをDS 0 レベルへマルチプレクスする。したがってTDM-DS 3 SSIモジュール2100は3/1/0マルチプレクサとして動作する。TDM-DS 3 SSIモジュール2100は、1対多システムとの間の全てのTDMトラヒックを処理するよう設計され、OC 3 s ATM SSIモジュール（図25参照）は1対多システムとの間の全てのATMトラヒックを処理するよう設計されている。

【0217】マルチ転送セルバス2136から信号が受信されるとき、セルフォーマッタ2102は、ハブ端末のハブ屋内装置のCPUとCCM間のインターモジュール通信メッセージング（IM-COM）を通じてマルチ転送モードセルバスからセルをコピーすることを命令される。この場合、セルフォーマッタ2102はTDMセルを維持し、ATMセルを廃棄する。セルフォーマッタ2102はまた適切なIM-COMセルをCPU2108に対するメッセージバッファ2104（デュアルポートRAMである）へコピーする。TDMセルはPCMデータ（またはPCMサンプル）へパックが分解されシグナリングする。PCMデータは受信PCMバッファ2116に記憶され、シグナリングに関連する呼（CAS）のようなシグナリングは受信シグナリングバッファ2118に記憶される。

【0218】図33および44と45に記載されているように、各TDMセルは、TDMセルがPCMデータとシグナリングデータとの両者を含んでいるので、受信PCMバッファ2116と受信シグナリングバッファ2118との両者にパックを分解される。バッファ（2116、2118、2112、2114）は全てデュアルポートランダムアクセスメモリ（DRAMとも呼ばれる）である。4つのバッファ（2116、2118、2112、2114）は図44、45で示されているように同一メモリ構造の一部であることに注意すべきである。

【0219】TDMセルは図47乃至49で示されているように使用されるセルタイプにしたがってさらにパックを分解される。

【0220】PCMインターフェイス2120は受信PCMバッファ2116と受信シグナリングバッファ2118中のPCMデータをDS 1へパックし、これらはシステムバス21

22 (PCMバス) を経てオクタルT1/E1フレーム2124へ送信され、T1またはE1としてフレームされる。PCMインターフェイス2120はTDM-DS3SSIモジュール2100用に特別に設計されたカスタム論理装置を具備している。28のT1/E1ライン2126はその後、M13マルチプレクサ2128によりDS3ラインへ多重化される。M13マルチプレクサ2128は標準的なDS3からDS1へのマルチプレクサである。TX/RXL1U2130はDS3ラインインターフェイス2134においてDS3ラインとインターフェイスする。CPU2108はプロセッサバス2110によりTDM-DS3SSIモジュール2100を制御するために必要な論理装置を有する。ループバック2132は試験目的に使用される。付加的にTDM-DS3SSIモジュール2100に対するタイミングはマルチ転送モードセルバス2136から再生される。

【0221】転送ネットワークからマルチ転送モードセルバス2136への方向のデータ流は単に反対である。DS3ラインはM13マルチプレクサ2128によりDS1へ多重化される。フレーミングはオクタルT1/E1フレーム2124によりDS1から除去され、その後PCMインターフェイス2120はDS1からDS0へパックが分解され、(PCMデータに対して)送信PCMバッファ2112または(シグナリングのため)送信シグナリングバッファ2114へ送られる。セルフォーマッタ2102は図33および47乃至49に示されているようにDS0を特別に設計されたTDMセルへパックし、これらはマルチ転送モードセルバス2136へ多重化される。

【0222】さらに、セルフォーマッタ2102はATMヘッダと仮想通路識別子(VPI)をTDMセルのヘッダセクションに位置させる。これは図33で詳細に示されている。これによって遠隔端末のATMベースのSSIモジュールのATMフォーマッタは、混合されたトラヒック入力(即ちマルチ転送モードバス)から受信されたATMセルとTDMセルとを弁別することができる。その代わりに、ATMセルとTDMセルはさらにタイムプランを使用して弁別されることができる。しかしながら、これはさらに時間を浪費し、厄介であり、より多数のメッセージを必要とする。

【0223】セルフォーマッタ2102はまた図47乃至49で示されているようにセルタイプおよび許容可能な遅延に基づいてTDMセルをフォーマットする。当業者はそれらの構成と使用を理解しているので、全ての機能ブロックについて十分に説明することはしない。

【0224】次に図25を参照すると、図2の実施形態で示されている1対多システムの遠隔端末またはハブ端末で使用されることのできるATM-OC3cSSIモジュールのブロック図が示されている。ATM-OC3cSSIモジュール2200はOC3cポート2202と、DS3cポート2204と、光トランシーバ2206と、DS3ラインインターフェイス装置(LIU)2208と、Phy22

10と、ATMラインおよびバッファ管理装置2211(以後、ALBM2211と呼ぶ)と、セルプロセッサ2212と、セルプロセッサバッファ2214と、バッファ管理装置2216と、バッファ管理バッファ2218と、ユートピアIIバス2220と、uPバス2222と、ATMフォーマッタ2224(一般的に信号フォーマッタとも呼ぶ)と、フォーマッタバッファ2226と、PCIプリッジ2228と、AAL5SAR2230と、PCIバス2232と、中央処理装置(CPU)2234と、マルチ転送モードセルバス2236とを含んでいる。

【0225】OC3cポート2202は、Phy2210に結合された光トランシーバ2206に結合されている。Phy2210はユートピアIIバス2220によりセルプロセッサ2212に結合されている。代わりに、DS3cポート2204はPhy2210に結合されたDS3LIU2208に結合されている。DS3cコンフィグレーション中のPhy2210はその後、ユートピアIIバス2220によりセルプロセッサ2212に結合され、またuPバス2222に結合されている。

【0226】付加的に、ATM-OC3cSSIモジュール2200は1つのサブチャネル(12.5MHz)の代わりに多数のサブチャネルをサポートするように構成される。これは図30に記載されているように各サブチャネルに対して別々のATMフォーマッタ2224を必要とする。

【0227】セルプロセッサ2212は、uPバス2222、セルプロセッサバッファ2214、バッファ管理装置2216に結合されている。バッファ管理装置2216はuPバスとバッファ管理バッファ2218に結合されている。uPバス2222はATMフォーマッタ2224とPCIプリッジ2228にも結合されている。ATMフォーマッタ2224はフォーマッタバッファ2226と、ユートピアIIバス2220と、マルチ転送モードセルバス2236に結合されている。ATMフォーマッタ2224はユートピアIIバス2220を介してAAL5SAR2230に結合されている。CPU2234は、PCIバス2232によってAAL5SAR2230とPCIプリッジ2228に結合されている。ALBM2211は、セルプロセッサ2212と、セルプロセッサバッファ2214と、バッファ管理装置2216とバッファ管理バッファ2218とを含んでいる標準的な注文によるATMチップセットである。

【0228】実際に、ATM-OC3cSSIモジュール2200は1対多システムとの間で伝送される全てのATMトラヒックを管理するように設計されている。図2で示されているようにハブ端末で使用されてもよく、または特定の加入者の必要性に基づいて遠隔端末で使用されてもよい。ATM-OC3cSSIモジュール2200は2つのうち一方の方法で構成されることがある。第1に、OC3cライン(155Mbps)へのリンクは純粋な高速度セル流であり、OC3cポート2202でインターフェイスする。第2に、ATM-OC3cSSIモジュールは44.736Mbpsで動作するDS3ラ

インとして構成されることができ、純粹なATMセル流からなる。OC3cラインは光キャリアレベル3の鎖線であり、技術で理解されているようにラインがATMセルの1つの連続流であることを意味する。したがってOC3cコンフィグレーションはOC3cポート2202と、光トランシーバ2206、Phy2210を含んでおり、一方、DS3コンフィグレーションはDS3cポート2204、DS3 LIU 2208、Phy2210を含んでいる。

【0229】さらに、ATM-OC3c SSIモジュールは、1対多システムのマルチ変調環境を処理するように構成された標準的な注文によるATMチップセット(ALBM2211)を使用する。ATMチップセットは、図30、31を参照して説明されているように特有のATMアドレスフィルタリング技術と需要を割当てられた多数のアクセス技術を与えるように構成されている。

【0230】付加的に、ATM-OC3c SSIモジュール2200は遠隔端末で動作するならば一方のモードを有し、ハブ端末で動作するならば別のモードを有する。

【0231】ハブ端末で動作するとき、データはOC3cポート2202と光トランシーバ2206へのATM MUXを経て、転送ネットワークと中央局からATM-OC3c SSIモジュール2200へ到着する。Phy2210はATMチップセット2211の物理レイヤ機能を行う装置としてATM技術でよく知られている。ここでPhy2210はセルデリニエイタであり、フレームからATMセルを抽出し、ユートピアIIバス2220を経てこれらをALBM2211のセルプロセッサ2212へ送信する。セルプロセッサ2212はその後、到着したATMセルをATM標準にしたがってポリース(police)する。ポリースはATMセルが速過ぎて到着していないことをチェックする。セルプロセッサ2212はセルプロセッサバッファ2214を有し、これはATMセルをバッファするためのスタティックRAMである。セルプロセッサ2212は、ATMセルをALBM2211のバッファ管理装置2216へ転送し、これはATMセルをバッファ管理バッファ2218へキューし、これはスタティックRAMである。その後、バッファ管理装置2216はQoS(サービスの品質)を保証するためにVP/VC(仮想通路/仮想チャネル)当たりをベースに構成された特性にしたがってATMセルをデキューする。このプロセスは技術でよく知られている。ATMセルはバッファ管理装置2216ヘループバックされ、セルプロセッサ2212へ送り返される。

【0232】次に、ATMセルはユートピアIIバス2220を経てATMフォーマッタ2224へ送られる。ATMフォーマッタ2224はATMアドレスフィルタセクション(図30参照)に記載されているキュー機能を行う。ATMフォーマッタ2224は幾つかの浅いFIFOを含んでいるカスタム論理装置であり、FIFOはそれぞれ、3つの変調モードのうち1つを使用して送信されるATMセルを保持する(変調バッファとも呼ばれる)。ステ

イックRAMであるフォーマッタバッファ2226は各変調モードに対するタイムプランを含んでいる。ATMフォーマッタ2224はマルチ転送モードセルバス2236の正確なタイムスロットにATMセルをマップするためにタイムプランを使用し、それによってセルは適切な変調モードを使用して送信される。したがって、適切な遠隔端末は適切なATMセルを受信する。付加的に、ATMフォーマッタ2224はATMセルをトラヒックセル(図17、18にそれぞれ記載されている)へフォーマットし、マルチ転送モードセルバス2236で伝送する。

【0233】さらに、CPU2234はマルチ転送モードセルバス2236でインターモジュール通信スロット(IM-COMセル)を通じてハブ端末のチャネルおよび制御モジュールCCMと通信することができる。IM-COMセルはATMフォーマッタ2224によりマルチ転送モードセルバス2236に位置される。IM-COMセルは、PCIバス2232とPCIブリッジ2228を経てCPU2234およびATMフォーマッタ2224との間で送受信される。

【0234】ハブ端末屋内装置からATM-OC3c SSIモジュール2200へのデータ流は反対であるだけである。ATMセルはマルチ転送モードセルバス2236からコピーされる。全てのATMセルは転送ネットワーク(バックホール)へ接続するOC3cラインに伝送されるので、ハブ端末で、ATM-OC3c SSIモジュール2200はATMアドレスフィルタリング技術(図34乃至36)を行う必要はない。

【0235】ATMセルはALBM2211へ送り返される。特に、ATMセルはセルプロセッサ2212とバッファ管理装置2216へ送信され、その後セルプロセッサ2212へ送り返され、Phy2210へ送信され、送信のためにフレーム化され、コンフィグレーションに応じて光トランシーバまたはDS3ラインインターフェイス装置2208を経てATM-OC3c SSIモジュール2200を出る。

【0236】AAL5 SAR 2230(セグメント化およびリアセンブリ)は帯域内シグナリングに使用される。これはパケット動作、管理、エレメント管理システム(EMS)からハブ端末へのメッセージの制御(OAM)を行うように機能する。エレメント管理システムの詳細を図2および10を参照にしてさらに説明する。これはエレメント管理システムが1対多システムと通信するための改良された方法を与える。通常のエレメント管理システムのように広域ネットワーク(WAN)とハブサイトのLANを経て、ハブサイトと通信する代わりに、エレメント管理システムはバックホールまたは転送ネットワークを経てハブ端末と通信することができる。中央局のエレメント管理システム(EMS)と個々のハブサイトの間で別々のランドラインが維持される必要がない利点がある。

【0237】中央局のEMSからメッセージを伝送するATMセルは同一の媒体上にあるので、エレメント管理

システムにより送信されるOC3cラインと制御セルはトラヒックセルから分離される必要がない。付加的に、セルプロセッサ2212およびバッファ管理装置2216はセルの仮想通路識別子(VPI)と仮想チャネル識別子(VCI)との両者を使用し、セルがCPU2234を目的とする制御セルであるか否かを決定する。制御セルはユートピアIIバス2220を経てAAL5 SAR2230に伝送される。AAL5 SAR2230はその後、メッセージのパケットを形成し、これはPCIバス2232を経てCPU2234へ送信される。パケットは送信制御プロトコル/インターネットプロトコル(TCP/IP)にしたがって形成される。CPU2234は、PCIブリッジ2228とupバス2222に結合されたPCIバス2232を通じて信号をATMフォーマッタ2224、セルプロセッサ2212、バッファ管理装置2216へ送信することができる。

【0238】遠隔端末で動作するとき、データはハブ端末からエアによって受信され、遠隔端末の屋内装置のCCMにより復調される。データはその後、マルチ転送モードセルバス2236上をセルとして送られ、ATM-OC3c SSIモジュール2200とインターフェイスする。ATMフォーマッタ2224は遠隔端末から、図34で示されているようなATMアドレスフィルタリングプロセスを実行する。

【0239】ATM-OC3c SSIモジュール2200のスループットは遠隔端末で使用されるその他のタイプのSSIモジュールのスループットよりも非常に高いので、ATMアドレスフィルタリング機能は、遠隔端末のATM-OC3c SSIモジュール2200においては異なっている。OC3cラインは約3つのDS3ラインと等しい155.52Mbps(メガビット/秒)でデータを送信する。したがって、(図34と35の代わりに)図34と36を参照して説明する検索テーブルによる方法が実行される。

【0240】図34、35、36で示されているATMアドレスフィルタリング技術を使用してATMセルが一度受け入れられると、ATMセルはユートピアIIバス2220を経てセルプロセッサ2212へ送信され、その後、バッファ管理装置2216へ送られ、バッファ管理バッファ2218を使用してキューされセルプロセッサ2212へデキューされ、これはサービスの品質(QoS)を保証するためにVPI/VCI当たりをベースとして構成された優先度にしたがったスタティックRAMである。ATMセルはPhy2210(セルデリニエイタ)へ送られ、セルはフレームにされ光トランシーバ2206を経てOC3cポート2202のOC3cラインへ送られる。

【0241】遠隔端末で、加入者からATM OC3c SSIモジュール2200へのデータ流はOC3cラインからハブ端末へのハブ端末で行われるのと同様に行われる。主な相違点は、ATMフォーマッタ2224内の変調バッファ数であり、遠隔端末が1つの変調のみを使用して

送信し、ハブ端末が使用する変調モードの全ての範囲を使用しないからである。

【0242】ATM OC3c SSIモジュール2200のコンポーネントとそれらの機能は当業者に理解されている。ALBM2211は技術で知られた注文によるATMチップセットである。動作および構成が当業者に理解されているので、全ての機能ブロックを十分に説明しない。

【0243】次に図26を参照すると、DS3トランスペアレントSSIモジュールの機能ブロック図が示されている。DS3トランスペアレントSSIモジュール2300はマルチ転送モードセルバス2302と、セルフォーマッタ2304(信号フォーマッタ)、バッファ2306、バイトスタッファ2308、ジッタ減衰器2312、中央処理装置2310(CPU)、DS3ラインインターフェイス装置2314、DS3ライン2316を含んでいる。

【0244】マルチ転送モードセルバス2302はセルフォーマッタ2304とCPU2310に結合されている。セルフォーマッタはバッファ2306とバイトスタッファ2308に結合されている。バイトスタッファ2308はジッタ減衰器2312とDS3ラインインターフェイス装置2314に結合されている。ジッタ減衰器2312はDS3ラインインターフェイス装置2314へ結合され、このDS3ライン2316へ結合されている。CPU2310はDS3ラインインターフェイス装置2314と、バイトスタッファ2308と、セルフォーマッタ2304とに結合されている。

【0245】実際に、DS3トランスペアレントSSIモジュール2300は特にATMベースまたはTDMベースではなく、1対多システム内の1対1リンクを設けるために使用される。したがってDS3トランスペアレントSSIモジュール2300は、加入者がハブ端末無線セクタのチャネル帯域幅全体(例えば12.5MHz)を必要とするときに使用される。DS3トランスペアレントSSIモジュール2300は(ATMのような)非同期トラヒックまたは(TDMのような)同期トラヒックを伝播してもよいが、特定のトラヒックタイプはDS3トランスペアレントSSIモジュール2300と無関係である。データは特定のタイプのデータに関係なく1対多システムを通じて単に伝送される。受信されたビットは、使用されるフレーミングおよび存在する制御ビットにかかわりなく、一方の地点(ハブ端末のDS3ライン2316)から別の地点(例えば遠隔端末のDS3ライン2316に結合する加入者)へ伝送される。

【0246】従来技術の1対1リンクは共通であるが、1対多システム内の1対1通信リンクは本発明のこの実施形態に特有であり、既知の従来技術と異なっている。この転送を実現するために、DS3トランスペアレントSSIモジュール2300はハブ端末の屋内装置で必要とされ、整合するDS3トランスペアレントSSIモジュー

ル2300は対応する遠隔端末の対応する屋内装置において必要とされる。

【0247】直列ラインデータがDS3ラインインターフェイス装置2314を通ってDS3ライン2316から来ると、データはバイトスタッフア2308へ進行する。バイトスタッフア2308は、単にビットをバッファする代わりにビットをバイトへバッファする点を除いて通信技術で知られているビットスタッフアと類似している。バイトスタッフア2308は、DS3ライン2316から来るビットを集め、バイトを形成し、バイトをセルフォーマッタ2304へバッファし、セルフォーマッタ2304はバイトをデータセルへパックし、マルチ転送セルバス2302で送信する。バイトスタッフア2308およびセルフォーマッタ2304はDS3ラインのタイミングを、マルチ転送モードセルバス2302と1対多システムのタイミングまたはタイムベースに適合する。マルチ転送モードセルバスのために形成されるデータセルは図18で示されているようにトラヒックセル1700に適合するように設計された同一の53バイトのデータセル1704である。DS3トランスペアレントSSIモジュール2300のセルフォーマッタ2304によりフォーマットされるデータセルは、図32、33を参照して説明されている他のSSIモジュールによりフォーマットされたATMセルとTDMセルと異なっている。したがって、DS3トランスペアレントSSIモジュール2300により形成されたデータセルの特徴を簡単に説明する。

【0248】図27を同時に参照すると、図26の実施形態のDS3トランスペアレントSSIモジュール2300により形成されたデータセル2400の図が示されている。データセル2400は長さが53バイトであり、ヘッダセクション2402とトラヒックセクション2404を含んでいる。ヘッダセクション2402は1バイトであり、制御バイト2406を含んでいる。データセル2400は、図32のATMセルおよび図33のTDMセルと同一寸法であることが有効である。したがって、データセル2400はマルチ転送モードセルバス2302のCB-データセクション内に有効に適合する。データセル2400と図32、33で示されているデータセルとの主な違いは、ヘッダセクション2402が長さが1バイトのみであり、図32、33で示されているようにトラヒックセクション2404が48バイトの代わりに52バイトを含むようにされていることである。通信リンクは1対1リンクであるので、トラヒックセクション2404は53バイトのセルサイズ内で最大にされる。

【0249】データセル2400のトラヒックセクション2404にパックされるバイト数はDS3ライン2316と、マルチ転送モードセルバス2302のクロック速度との周波数差の関数として変化する。例えばDS3ラインは4.4.736Mbpsで動作する。マルチ転送モードセルバスのクロック速度が10Mbpsであり、バスフレームフォーマットが6msであり、マルチ転送モードセルバス23

02上に83バイトのトラヒックセルを保持する684のタイムスロットが存在するならば(図16、18参考)、データセル2400の特定数(例えば648)はトラヒックセクション2404で49バイトを有し、データセル2400の特定数(例えば33)はトラヒックセクション2404で50バイトを含み、データセル2400の残りの数(例えば3)はトラヒックセクション2404内で可変数のバイト(例えば49、50または51バイト)を有する。したがって、DS3ライン2316のライン速度を整合するため、セルフォーマッタ2304は異なる数のバイトをデータセル2400のトラヒックセクション2404へパックする。

【0250】前述の例では、セルフォーマッタ2304は、49バイトを含むデータセル2400と50バイトを含むバイトを知るためソフトウェアにより構成されるが、3つの残りのデータセル2400は個々のDS3ライン2316のライン速度に基づいて可変数のバイト(49、50または51バイト)を含んでいる。DS3ライン2316が“高速度”であるならば、バイトスタッフア2308中により多数のバイトが存在し、残りの3つの可変データセル2400は51バイトを含んでいる。DS3ライン2316が“低速度”であるならば、残りの3つの可変データセル2400は49バイトを含んでいる。DS3ライン2316がほぼ予測通りであるならば、残りの3つの可変データセル2400は50バイトを含んでいる。(例えば遠隔端末の)受信DS3トランスペアレントSSIモジュール2300に、残りの可変データセル2400のトラヒックセクション2404内に含まれるバイト数を示すために、制御バイト2406がセルフォーマッタ2304により付加される。バッファ2306はCPU2310と、屋内装置のチャネルおよび制御モジュール間のメッセージングに使用される。

【0251】データセル2400がセルフォーマッタ2304によりマルチ転送モードセルバス2302に一度位置されると、データセル2400は図7のAに示されているような構造を有するカッドバーストとしてエAINターフェイスによって送信される。カッドバーストは遠隔端末で受信され、これはセルを遠隔端末の対応するDS3トランスペアレントSSIモジュール2300に伝送される。

【0252】遠隔端末で、データセル2400はマルチ転送モードセルバス2302でセルフォーマッタ2304に到着し、ここでデータバイトはデータセル2400からパックが分解される。送信DS3トランスペアレントSSIモジュール2300のDS3ラインのラインにより可変数のデータバイトを含んでいる残りの可変データセル2400を除いて、セルフォーマッタはどのデータセル2400が幾つのバイトを含んでいるかを知るためにソフトウェアにより構成される。制御バイト2406はこの情報をセルフォーマッタ2304に与える。

【0253】付加的に、前述したように、DS3トランスペアレントSSIモジュール2300はそれぞれのトラヒックセクション2404中の残りのデータセル2400が49、

50または51バイトを含んでいるか否かを示すために制御バイト2406を割当てる。これは従来技術の1対1リンク中のDS3トランスペアレントSSIモジュールで行われるが、受信端で、整合DS3トランスペアレントSSIモジュールは毎データセルの制御バイトを読み取つてデータセル2400のトラヒックセクション2404内に含まれるバイト数を決定しなければならない。

【0254】本発明の実施形態は例えば64QAMモードで構成され、それによって6m秒のエアインターフェイスフレームフォーマット(図5の例)内の171の64QAMカッドバーストの中から、可変数のデータバイト(例えば49、50、51)を有する可能なデータセル2400が3つのみ存在することが有効である。これらの3つのデータセル2400は図7のAで示されているように最後の64QAMカッドバースト(即ちカッドバースト#171)の最後の3つのデータフィールド、即ちデータフィールド2704、データフィールド3704、データフィールド4704に位置され、マルチ転送モードセルバス2302の最後の3つのタイムスロットに変換される。これは1対多システムのクロック速度と、エアフレームフォーマットの長さと、カッドバーストのデータフィールドの長さと、バイトスタッフ2308が動作する速度によるものである。したがって、受信DS3トランスペアレントSSIモジュール2300のセルフォーマッタ2304は、通常のDS3トランスペアレントSSIモジュールのように受信された全てのデータセル2400の制御バイト2406ではなく、最後のカッドバーストの最後の3つのデータフィールド704の制御バイト2406だけを読み取ればよいことが有効である。この特徴は処理の要求を減少し、DS3トランスペアレントSSIモジュール1800のスループットを改良する。

【0255】さらに、データセル2400のトラヒックセクション2404の特定のサイズのために、最後の3つの制御バイト2406だけが読み取られ、各制御バイト2406中の2つの下位桁ビットのみがセルフォーマッタ2304により読み取られる必要がある。可変長である残りのデータセル2400の数はマルチ転送モードセルバス2302のクロックとDS3ライン2316のクロックとの間の最悪のケースのクロックオフセット(例えば89ピー・ピー・エム)から得られる。これはセルフォーマッタが各受信されたデータセル2400で行わなければならぬ処理を大幅に減少する。

【0256】バイトがバイトスタッフ2308にバックが分解されるとき、可変数のバイトがバイトスタッフ2308へ受信され、DS3ライン2316に出力され、これはクロック遅延を生成する。したがって、FIFO(先入れ先出)と位相ロックループ(PLL)を具備するジッタ減衰器2312はバイトをバッファし、DS3ライン2316で送信する。これはバイトを記憶し、データバイトがDS3トランスペアレントSSIモジュール2300に受信される平均クロック速度でDS3ライン2316へそれらのビット

トを送信する。したがって、ジッタ減衰器2312を出るビットは一定の速度で出て、受信されたデータセル2400が可変数のバイトを含んでいるときに生じる潜在的なストップ・アンド・ゴークロッキングにより影響されない。したがって、1対多システムからの信号のタイミングは遠隔端末における入来DS3ライン2316のタイミングに適応される。

【0257】ジッタ減衰器2312のFIFOでバッファされたデータはジッタ減衰器2312のPLLからのクロックエッジにより送信される。PLLはセルフォーマッタ2304により与えられる基準(即ちクロック)にロックされる。PLLの使用は知られているが、ジッタを減少するためのPLLの使用は本発明のこの実施形態に特有である。

【0258】FIFO中のバイト数は必要ならば基準を調節させる。調節はPLLへの基準を長くするか短くすることにより周期的に行われる。調節はジッタ減衰器2312のFIFO中のバイト数と制御バイト2406のバイト数とに基づいている。FIFO中のバイト数は調節の極性を制御する。例えば予測された数よりも少数のバイト(例えば49)は基準を減少させ、予測された数よりも多数のバイト(例えば51)は基準を増加させる。残りの数の可変データセル2400の制御バイト2406は基準へ調節するように指令する。したがって、バイトがジッタ減衰器2316から出力される変化速度は事実上限定され、したがってDS3ライン入力装置2314とDS3ライン2316への出力クロックのジッタを減少する。

【0259】遠隔端末からハブ端末へのデータ流は反対である以外には同じであることに注意すべきである。さらに、データ転送はハブ端末から遠隔端末へ、および遠隔端末からハブ端末へ同時に行われる。使用される全てのコンポーネントは当業者に理解されているので、さらに説明する必要はない。

【0260】[マルチ転送モードSSIモジュール]次に図28、29を参照すると、図2で示されている遠隔端末で使用されたマルチ転送モードSSIモジュールのプロック図が示されている。マルチ転送モードSSIモジュール2500は同期トラヒック(TDM)と非同期トラヒック(ATM)との両者を処理し、マルチ転送モードセルバス2502と、TDMセルフォーマッタ2504(TDM信号フォーマッタ)と、ATMセルフォーマッタ2506(ATM信号フォーマッタ)と、メッセージバッファ2508と、ATMタイムプランおよびフィルタメモリ2510と、受信バッファ2512と、送信バッファ2514と、PCMバッファ制御装置1516と、PCMシリアルバス2518と、第1のユートピアIバス2520と、第2のユートピアIバス2521と、入力/出力(I/O)バス2522と、AAL5SAR2524と、AAL5バッファ2526と、AAL1SAR2528と、AAL1バッファ2530と、中央処理装置(CPU)2532と、PCIブリッジ2538と、PCIバス

2540と、高レベルデータリンク制御（H D L C）制御装置2542と、R O Mバス2544と、フレーム中継シリアルバス2546と、C E Sシリアルバス2548と、L A N制御装置2550（図29のマルチ転送モードS S Iモジュール2501で示されている）と、タイミングマルチプレクサ2552と、T 1/E 1フレーマ2554とを含んでいる。

【0261】マルチ転送モードセルバス2502は、T D Mセルフォーマッタ2504とA T Mセルフォーマッタ2506に結合されている。T D Mセルフォーマッタ2504はメッセージバッファ2508と、I Oバス2522と、受信バッファ2512と、送信バッファ2514と、P C Mバッファ制御装置2516に結合されている。P C Mバッファ制御装置2516はP C Mシリアルバス2518を経てタイミングマルチプレクサ2552に結合され、またR O Mバス2544と結合されている。A T Mセルフォーマッタ2506はA T Mタイムプランおよびフィルタメモリ2510とI Oバス2522に結合されている。A T M S A R 2528とA A L 5バッファ2526はそれぞれ第1のユートピアIバス2520と第2のユートピアIバス2521を経てA T Mセルフォーマッタに結合されている。A A L 1 S A R 2528はA A L 1バッファ2530に結合され、C E Sシリアルバス2548を経てタイミングマルチプレクサ2552に結合されている。A A L 5 S A R 2524はA A L 5バッファ2526とP C Iバス2540に結合されている。P C Iバス2540はP C Iブリッジ2538を経てI Oバス2522に結合され、C P U2532と、H D L C制御装置2542と、（図29のマルチ転送モードS S Iモジュール2501の）L A N制御装置2550に結合されている。H D L C制御装置2542はフレーム中継シリアルバス2546を経てタイミングマルチプレクサ2552に結合している。タイミングマルチプレクサ2552はまたT 1/E 1フレーマ2554にも結合されている。

【0262】実際に、マルチ転送モードS S Iモジュール2500（ユニバーサルS S Iモジュールとも呼ぶ）は（A T Mのような）非同期トラヒックと（T D Mのような）同期トラヒックとの両者を同じカード（S S Iモジュール）上で処理する能力を有する。この特徴はS S Iモジュールが一方または他方の転送モードのみを処理する従来技術と異なっている。

【0263】付加的に、マルチ転送モードS S Iモジュール2500は、一方または他方のトラヒックタイプだけを処理する従来のS S Iモジュールと異なっている。しかしながら、マルチ転送モードS S Iモジュール2500のように、前述のS S Iモジュールはマルチ転送モードセルバスとインターフェイスし、データセルを適切にフォーマットしてセルバス上で伝送することができなければならない。したがって、マルチ転送モードS S Iモジュール2500は同じカードからT D MとA T Mサービスの両者を要求する加入者に対して設けられる。図28の8個のT 1/E 1インターフェイス2554と、図29のマルチ転送モードS S Iモジュール2501の4個のL A N制御装置

2550を有するが、特別の必要性のケースに基づいて製造を変更することができる。それ故、T 1/E 1ラインのD S Oは、ライン単位のベースで選択されたT D MモードまたはA T M（A A L 1またはA A L 5）モードで転送されることができる。データトラヒックはT 1/E 1インターフェイス（T 1/E 1フレーマ2554）のためのT D MまたはA T M（A A L - 1/A A L - 5）、或いはL A Nインターフェイス（L A N制御装置2550）のためのA T M（A A L - 5）で転送される。

【0264】A T MおよびT D Mトラヒックはマルチ転送モードセルバス2502を通じてマルチ転送モードS S Iモジュール2500により受信される。セルバス2502上のトラヒックは、メッセージを含むI M-C o mセルと、T D MとA T Mセルを含むC B - データセルとを含んでおり、したがってマルチ転送モードS S Iモジュール2500は混合されたトラヒックを別々に分類できなければならない。マルチ転送モードセルバス2502とのインターフェイスに2つの制御装置（セルフォーマッタ）、即ちT D Mセルフォーマッタ2504とA T Mセルフォーマッタ2506が存在する。T D Mセルフォーマッタ2504に、メッセージバッファ2508中のタイムプランを読取ることにより聴く必要があるタイムスロットで通信され、これはI M-C o mメッセージングにより与えられるデュアルポートR A Mであり、それによって不所望なT D MセルまたはA T Mセルではなく、セルバス2502から適切なT D Mセルをコピーしてもよい。A T Mセルフォーマッタ2506は図34乃至36で示されているA T Mアドレスフィルタリング技術を使用してその加入者に送られるA T Mセルだけを抽出する。

【0265】カスタム論理装置であるT D Mセルフォーマッタ2504は、マルチ転送モードT D Mセルバス2502（図16参照）の毎オーバーヘッドタイムスロットでメッセージバッファ2508（例えば8 k × 8デュアルポートR A M）に含まれているタイムプランメモリを読取る。エネーブルされるならば、T D Mセルフォーマッタ2504はI M-C o mセルをメッセージバッファ2508へコピーし、これはI Oバス2522、P C Iブリッジ2538、P C Iバス2540を経てC P U2532へ伝送される。（I M-C o mセクションからの）インターモジュール通信メッセージはマルチ転送モードS S Iモジュール2500と通信するための屋内装置のチャネルおよび制御モジュールの手段を与える。

【0266】T D Mトラヒックでは、T D Mセルフォーマッタ2504はメッセージバッファ2508からデータセルへタイムプランメモリを読取る。セルがエネーブルされたならば、内部F I F O（先入れ先出し）にコピーされる。目的地バッファアドレスはタイムプランメモリから読み取られ、セルは受信バッファ2512（例えば32 k × 32同期スタティックR A M）へコピーされ、P C Mバッファ制御装置2516へ送られる。T D Mセルフォーマッタ

2504は特別にフォーマットされたTDMセル（図38および47乃至49参照）をDS0へパックから分離し、これはPCMデータおよびシグナリングに関する呼（CAS）のようなシグナリングデータの両者を含んでいる。図38で示されているように、従来技術のTDMセルはPCMデータまたはシグナリングデータだけを含み、同じTDMセル内に両者のデータを含まない。

【0267】TDMセルフォーマッタ2504はさらにTDMセルの特定のタイプにしたがってメッセージバッファ2508に含まれているPCMマッピング制御構造（PCMS）を使用してセルをパックから分離するTDMバッファリング技術を使用する。このTDMバッファリングを図44乃至50を参照してさらに詳しく十分に説明する。

【0268】PCMバッファ制御装置2516は受信バッファ2512からDS0（PCMデータとCASビット）を抽出し、DS0をT1/E1（またはDS1）へパックする。したがって、PCMバッファ制御装置2516はバイト直列データ流を2ビットの直列データ流に変換し、一方はPCMデータ用、他方はタイミングマルチプレクサ2522に対するシグナリング用である。TDMセルフォーマッタ2504と、受信バッファ2512と、PCMバッファ制御装置2516はクロスポートスイッチとして機能する。この機能はセルバス2502からの任意のタイムスロットが任意のT1/E1ラインの任意のタイムスロットにマップされることを可能にする。PCMバッファ制御装置2516は設計のフレキシブル性を可能にするためのカスタム論理装置である。タイミングマルチプレクサ2552（タイミングmux）はPCMバッファ制御装置2516からのDS1データとシグナリング流を多重化し、PCMシリアルバス2518を経てT1/E1フレーム2554の1つへ送り、T1ラインの1つを通って伝送されるようにフレームに形成される。T1/E1フレーム2554はシグナリングをT1/E1ラインの出力に挿入する。T1フレーム2554は拡張されたスーパーフレーム（ESF）のような標準的なフレーミングをサポートする。マルチ転送モードSSIモジュール2500のタイミングはマルチ転送モードセルバス2502から受信され、これはハブ端末により送信されたタイミングから再生されたことに注意すべきである。タイミングをさらに図14、15で説明する。

【0269】データ流はT1/E1ラインからマルチ転送モードSSIモジュール2500とマルチ転送モードセルバス2502へ来る方向と正反対である。フレーミングは除外され、シグナリングはDS1からのT1/E1フレーム2554により抽出される。タイミングマルチプレクサ2552はDS1をPCMバッファ制御装置2516へ多重化する。PCMバッファ制御装置2516はDS1をDS0即ちPCMデータおよびシグナリングデータへパックから分離し、図44に記載されているTDMバッファリングにしたがってDS0を送信バッファ2514（例えば32k×

32SRAM）へコピーする。送信バッファ2514は方向は反対であるだけで受信バッファ2512と同様に動作する。TDMセルフォーマッタ2504は図33、47、48、49のDS0を特別に設計されたTDMセルへパックし、メッセージバッファ2508に記憶されているタイムプランにしたがって適切な時間にマルチ転送モードセルバス2502へ送信される。TDMセルフォーマッタ2504はDS0を異なったセルタイプにパックし、メッセージバッファ2508内のPCMマッピング制御構造（PCMS）を使用して送信されるデータに応じて遅延を最小にする（TDMバッファリングを説明している図44乃至50参照）。一度、セルがマルチ転送モードセルバス2502上に存在すると、前述したようにこれらは遠隔端末によって変調され、エAINターフェイス（無線インターフェイス）によってハブ端末へ伝送される。

【0270】ATMトラヒックでは、ATMセルフォーマッタ2506は図34および35に記載されているATMアドレスフィルタリング技術を使用し、それによってマルチ転送モードセルバス2502上のTDMセルからATMセルを弁別し、さらにその加入者に向けて送られATMセルと廃棄されるべきATMセルとを弁別する。ATMアドレスフィルタリング技術はまたAAL1セルとAAAL5セルとを弁別する。RAMであるATMタイムプランおよびフィルタメモリ2510は図34および図35に示されている必要なATMアドレスフィルタリング検索テーブルを含んでいる。ATMタイムプランおよびフィルタメモリ2510はまたATMセルをマルチ転送モードセルバス2502へ挿入するためのタイムプランを含んでいる。ATMセルフォーマッタ2506がATMセルをセルバスへマップするためタイムプランを使用することは、従来技術のATMベースのSSIモジュールと異なっている。ATMセルはヘッダ情報にしたがって伝送されるので、ATMセルは典型的にこれらが特定のタイムスロット割当てに関係なく到着したときバスへ多重化される。この特徴はここで説明される全てのATMベースのSSIモジュールにあてはまる。

【0271】一度ATMセルが受け入れられると、回路エミュレーションサービス（CES）のようなAAAL1セルは、第1のユートピアIバス2520を経てSSL1/SAR2528（セグメント化およびリアセンブリ）へコピーされ、一方、フレーム中継セルのようなAAAL5セルは、第2のユートピアIバス2521を経てAAAL5/SAR2524へコピーされる。AAAL1/SAR2526とAAAL5/SAR2528の両者はそれぞれAAAL1バッファ2530とAAAL5バッファ2526を使用してATMセルをパケットにパックし、T1/E1ラインを経て送信される。AAAL1バッファ2530とAAAL5バッファ2526は両者ともにスタティックRAMである。AAAL1パケットはCESおよびCASシグナリングを含み、CESシリアルバス2548を経てタイミングマルチプレクサ2552へ

多重化される。AAL5 SAR 2528は256までの双方向CES+CASチャネルをサポートし、最大8個のT1/E1ライン内の個々のタイムスロットに割当てられる。フレームにされておらずチャネル化されていないリンクでは、AAL1 SAR 2528は8個のT1/E1ライン内で8個までの双方向CESチャネルをサポートする。AAL1 SAR 2528はまたチャネル化されておらず、フレームにされていないT1リンクの同期残留タイムスタンプ(SRTS)をサポートする。

【0272】AAL5 SAR 2524はATMセルをフレーム中継パケットに変換し、PCIバス2540によってHDLC(高レベルデータリンク制御)制御装置2542へ伝送され、ここでフレーム中継パケットはフレーム中継シリアルバス2546によりタイミングマルチプレクサ2552へ伝送される。チャネル化されたリンクでは、HDLC制御装置2542は8個のT1/E1ライン内で128までの双方向HDLCチャネルをサポートする。チャネル化されていないリンクでは、HDLC制御装置2542は8個のT1/E1ライン内で8個までの双方向HDLCチャネルをサポートする。フレーム中継パケットはタイミングMUX2552によりT1/E1フレーム2554へ多重化され、T1/E1ラインのうちの1つを通って送信するためにフレーム化される。

【0273】T1/E1ラインからマルチ転送モードSSIモジュール2500へのATMトラヒックに対しては、タイミングマルチプレクサ2552はAAL1トラヒックのAAL1 SAR 2528へCESパケットを伝送する。タイミングマルチプレクサ2552はフレーム中継トラヒック(AAL5)をHDLC制御装置2542へ送り、HDLC制御装置2542は異なるチャネルを管理する。フレーム中継パケットはATMセルにバックから分離されるようにならざるを得ない。AAL5 SAR 2524へ送られる。ATMセルは第1のユートピアIバス2520を経てAAL1 SAR 2528から、または第2のユートピアIバス2521を経てAAL5 SAR 2524からATMセルフォーマッタ2506へ送られる。ATMタイムプランおよびフィルタメモリ2510はATMセルをマルチ転送モードセルバス2502へコピーするためのタイムプランを含んでいる。ATMセルフォーマッタ2506はセルバスのインターモジュール通信タイムスロット(IM-COM)にアクセスしていない。TDMセルフォーマッタ2504だけがこの実施形態でIM-COMタイムスロットのフォーマットを設定する。AAL1セルは遅延に対してより感度があるので、AAL1 SAR 2528からのセルはAAL5 SAR 2524からのセルよりも高い優先順序でマルチ転送モードセルバスに送られることに注目すべきである。

【0274】図29で示されているように、マルチ転送モードSSIモジュール2501は代わりに、4個のT1ラインインターフェイス2554と4個のLAN制御装置2550を有する。LAN制御装置2550はイーサネットネットワークへの10/100ベースのT接続をサポートする。これはT1ラインが与えるよりも多くの帯域幅を必要とする加入者をサポートするために与えられる。LAN制御装置2550はAAL5 SAR 2524との間で伝送される10/100ベースのTトラヒック流を制御する。

【0275】マルチ転送モードSSIモジュール2500および2501の全ての機能のコンポーネントを十分に説明したことについて留意すべきである。このようなコンポーネントおよび構成は当業者に知られているので、さらに説明する必要はない。

【0276】さらに、マルチ転送モードセルバス2502からの任意のタイムスロットはT1/E1ラインの任意のDS0にマップすることができ、また、タイミングマルチプレクサ2552はATMパケットとTDMパケットとの両者を多重化するので、単一のT1ライン(またはE1ライン)はDS0によりブレーク・ダウンすることができる。例えば(T1ラインの24のDS0のうち)第1の5個のDS0はAAL5トラヒック(フレーム中継)に使用することができ、次の10個のDS0はAAL1に使用され、最後の9個のDS0はTDMトラヒックに使用することができる。これはチャネル割当てにおいて加入者に大きなフレキシブル性を与える利点がある。

【0277】[ATMアドレスフィルタリング]図30は、ATMトラヒックがハブ端末の図2に示す1対多通信システムに入力したときに、ATM-OC3cSSIモジュールのATMスイッチ2600で実行されるATMアドレスフィルタリング技術のプロック図を示したものである。また、図31は、図30に関連するATMアドレスフィルタリング技術についてのフローチャートを示したものである。従って、図31に示したステップを参照して図30について説明する。図30は、マルチ変調環境下におけるATMスイッチ2600の構成を示したもので、バックホール(BACKHAUL)ライン2602、物理レイヤ処理部(PHY)2604、ATMラインおよびバッファ管理装置2606(以下、ALBM2606と呼ぶ)、ユートピア(Utopia)IIバス2608、ATMフォーマッタ2610、n個の変調バッファ2612、マルチ転送モードセルバス2614、タイムプラン/変調検索テーブル2616からなる。

【0278】ATMスイッチ2600では、バックホールライン2602は物理レイヤ処理部(PHY)2604に接続されている。ユートピア(Utopia)IIバス2608は、物理レイヤ処理部(PHY)2604をALBM2606に接続する。ユートピア(Utopia)IIバス2608は、さらに、ALBM2606をATMフォーマッタ2610のn個の変調バッファ2612のそれぞれに接続して、従来からあるATMスイッチの物理レイヤ処理部(PHY)を構成する。複数の変調バッファ2612のそれぞれは、ATMフォーマッタ2

616内にあり、マルチ転送モードセルバス2614にそれぞれ接続されている。

【0279】実際には、このATMアドレスフィルタリング技術は、ハブ端末におけるATM-Oc3cSSIモジュール(図25参照)で用いられる。ATMアドレスフィルタリング技術は、ATMトラヒックを異なる複数の変調バッファ2612へルーティングすることにより、ATMトラヒックを適切な遠隔端末へフィルタリングするものである。従って、異なった変調の行われたATMトラヒックのストリームが生成されることになる。変調バッファ2612は、ATMセルをバッファリングして、マルチ転送モードセルバス2614へ出力する。異なる変調バッファ2612のATMセルはそれぞれ異なる変調がなされる。特定の変調を復調できる遠隔端末のみがATMセルを受信するようになっている。

【0280】ATMスイッチ2600の主要部はALBM2606で、従来から慣用的に使われていて在庫から容易に入手可能なATMチップセットである。ATMチップセットは、無線システム用にはデザインされていない。ATMチップセットは、変調あるいはタイムプランを理解するにたる容量や知識を持たない。ATMチップセットは、n個の物理レイヤをサポートし、各物理レイヤはユートピア(Utopia)バス(ここでは、ユートピア(Utopia)IIバス2608)上の物理レイヤアドレスに対応する。物理レイヤ処理部は、物理レイヤATMデバイスであり、ATMの物理レイヤ機能を実現するためのセルデリニエイタ(CellDelineator)やバッファである。このATMアドレスフィルタリング技術は、ATMセルを異なる変調がなされた複数のトラヒックストリームのうちの1つに分けるためのより複雑なオーバーヘッドメッセージの生成方法に置き換えるために、ATMチップセット(例えば、ALBM2606)を特殊な形態で用いて実現されるものである。

【0281】本実施形態では、ATMスイッチがn個の物理レイヤがそれぞれn個の異なる変調タイプの変調バッファ2612として振る舞うように構成されている。各変調バッファ2612は、1つの変調ストリームに対応している。従って、ユートピアIIバス2608上へ物理レイヤアドレスが変調バッファ2612のそれぞれに応じて、特殊な形態でマッピングされることになる。n個の物理レイヤはn個の変調バッファ2612となる。さらに、特定のいくつかの仮想バス識別子(VPI)および仮想チャネル識別子(VCI)は、各変調バッファ2612を用いる変調モードのそれぞれに対応付けられている。本実施形態では、3つの変調バッファ2612があり、従って、VPI/VCIがそれぞれ異なる3つのグループが存在する。各グループは複数の変調バッファ2612のうちの1つにマッピングされる。VPI/VCIにより特定される各グループがどの変調バッファにマッピングされるかは、相手側の遠隔端末の変調タイ

プによって決定される。これは、バックホールライン2602から到着するATMセルが正当な変調ストリームすなわち正当な遠隔端末にルーティングされることにより確かめられる。

【0282】ALBM2606は、その内部バッファの深さをモニタして、ATMの要求サービス品質(QoS)機能を実現するもので、一方、ATMフォーマッタ2610はATMセルがマルチモードラジオ無線(ハブ端末、遠隔端末のいずれか一方)へ送出するタイムスロットを制御する。従って、変調モードが用いられるわけである。例えば、第1の変調バッファ2612はQPSKをサポートし、第2の変調バッファ2612は16-QAMをサポートし、第3の変調バッファ2612は54-QAMをサポートする。よって、ATMセルは、そのヘッダ情報(VPI/VCI)に応じて適切な変調バッファ2612へ動的にルーティングされる。このようにして、VPIとVCIとはATMセルを変調トラヒックストリームのそれぞれにマッピングするために用いられる。

【0283】実際の動作では、ATMトラヒックはバックホールライン2602からのセルデリニエイタである物理レイヤ処理部2604へ入力する。バックホールライン2602は、一般的に、Oc3cラインであるが、それ以外の周知の物理媒体であってもよい。ATMセルは物理レイヤ処理部2604で復元され、そのフレームからATMセルのペイロードが抽出されて、それがALBM2606へ送出される。ユートピアIIバス2608はセルをALBM2606へ転送する。ATMチップセット、すなわち、ALBM2606は仮想チャネル毎の要求サービス品質(QoS)を保証するもので、高速にQoS対応が可能なようにハードウェアにて構成されている。従って、ALBM2606は、到着したATMセルをその仮想チャネルに対応付けられている予め定められた優先度に応じて格納する(図31のステップ2702)。ALBM2606は、複数の物理レイヤ、ここでは、n個の物理レイヤをサポートする。このn個の物理レイヤのそれは、たかだか2個のセルを保持できるだけの浅いFIFO(First In First Out)メモリである。

【0284】タイムプラン/変調検索テーブル2616は、タイムプランと、物理レイヤ(ここでは、変調バッファ2612)と、マルチ転送モードセルバス2614のそれぞれのタイムスロットで用いられている変調モードとを有する。タイムプラン/変調検索テーブル2616は、ATMフォーマッタ2610に接続され、例えば、スタティックRAMのようなバッファ、メモリ内に格納されている。ALBM2606は、ATMセルのヘッダ情報(VPI/VCI)を参照して、そのATMセルをどの変調バッファ2612へ送るかを判断する。そして、ALBM2606は、以下に説明するように、A

TMフォーマッタ2610からの転送指示を受けたとき、ATMセルをATMフォーマッタ2610の変調バッファ2612へ転送する。

【0285】ALBM2606がATMセルを正しいレートで送信していることを確認するために、ATMフォーマッタ2610は、物理レイヤ毎にその対応する変調モードのレートに一致するATMセルのみを受け付ける。これはATMフォーマッタ2610がマルチ転送モードセルバス2614のタイムスロットのそれぞれをタイムプラン／変調検索テーブル2616から検索する際の“バックプレッシャー”ローディング技術と呼ばれるものである。タイムプラン／変調検索テーブル2616は、ATMフォーマッタ2610に、どの変調バッファ2612からのATMセルをマルチ転送モードセルバス2614のどのタイムスロットに挿入するかを教えるためのものである。よって、ATMフォーマッタ2610は、タイムプラン／変調検索テーブル2616を用いて、ある特定のタイムスロットに対し、各変調バッファ2612をいつアクティブにするかを決定する（図31のステップ2704）。そして、ハンドシェイク信号をユートピアIIバス2608に出力する（図31のステップ2706）。このとき、ALBM2606は、その全ての物理レイヤ（変調バッファ2612を含む）に対しポーリングを継続して行い、アクティブなハンドシェイク信号を探査する。ALBM2606がアクティブなハンドシェイク信号を検知したとき、ALBM2606は適切なATMセルをそのアクティブな物理レイヤ、そして、アクティブな変調バッファ2612へ伝送する（図31のステップ2708）。さらに、ATMフォーマッタ2610はATMセルを変調バッファ2612からマルチ転送モードセルバス2614の適切なタイムスロットへ転送する（図31のステップ2710）。

【0286】従って、要するに、ここで示した仕組みは、変調タイプがそれぞれ異なる3つの別個のATMセルの変調ストリームを生成する。ATMセルは、各変調バッファ2612からマルチ転送モードセルバスへCBデータセル（図16参照）としてコピーされる。このCBデータセルはチャネルへ送信され、それらCBデータセルがエアフレームフォーマット（図5、16参照）上にマッピングされているところに対応するハブ端末の屋内装置のモジュールを制御し、CBデータセルがどのタイムスロットに割り当てられているかによって、マルチ変調モード（図12参照）の3つの変調のうちの1つを選択して、そのセルを変調する。これにより、各変調ストリームはタイムスロットのグループとして成り立ち、各タイムスロットのグループは異なる変調が施される。各グループのタイムスロットは必ずしも連続している必要はない。

【0287】このようにして、ATMスイッチ2600では、異なる変調のなされたATMセルのストリームを

生成するために、ユートピアバス上の各物理レイヤアドレスが変調タイプと1対1に対応しているようにALBM2606を構成している。また、VPIとVC1の各組は変調タイプに対応している。ユートピアIIバス2608は図30では2つの別個のバスであるが、物理的に1つのバスであることは周知の事実である。

【0288】他の実施形態によれば、図30に示すATMフィルタリングは、複数のサブチャネルからATMセルを分離し、分離された複数の変調トラヒックのストリームへ分ける。この実施形態によれば、周波数チャネルの1つのサブチャネル毎に、異なる変調のされたATMセルのストリームを生成する。複数のサブチャネルをサポートするために、複数のATMフォーマッタ2610を必要とする。すなわち、1つのATMフォーマッタ2610は、1つのサブチャネル（ここに示す例ではサブチャネルは12.5MHz）に対応する。従って、この場合、1つのATMフォーマッタ2610に代えて、n個のサブチャネルに対応するn個のATMフォーマッタ2610があればよい。ユートピアIIバス2608は、30個までのデバイスをサポートすることができる。よって、1つのALBM2606を有するマルチサブチャネルATMスイッチ2600は、例えば、3つの変調バッファ2612をそれぞれ有する9個のATMフォーマッタ2610を有し、9個までのサブチャネルをサポートすることができる。このようなマルチチャネルATMスイッチでは、各物理レイヤアドレスは1つの特定のサブチャネルとトラヒックの特定の変調ストリームに対応する1つの特定の変調タイプとにユニークに対応している。

【0289】異なる変調のなされたストリームを生成する他の方法は、各ATMセルに“タグ”を付加するというものである。このタグは、周知技術にあるように、ATMセルを所望の相手先、例えば、それぞれの変調バッファ2610へ転送するためのヘッダと類似するものである。しかし、タグはATMセルに付加されるとともに、セルの処理自体にも付加され、ATMチップセットの優先度を利用するものではない。

【0290】図30は、ATM-OCS3cSSIモジュールを示した図25に対応するもので、図30のALBM2606は、図25のバッファ管理装置2216、バッファ管理バッファ2218、セルプロセッサ2212、セルプロセッサバッファ2214を有するALBM2211と同じである。図25のATMフォーマッタ2224は図30のATMフォーマッタ2610と同じであり、n個の変調バッファ2612のそれぞれを有している。タイムスロット／変調検索テーブル2616は、図25のフォーマッタバッファ2226が有している。

【0291】次に、遠隔端末のSSIモジュールにて実施されるアドレスフィルタリング技術を明確にするために、標準的なATMセルと本発明の実施形態として用い

るために特別にデザインされたTDMセルとの基本的な構成について説明する。

【0292】図32は、図2の1対システムに用いられる非同期転送モード(ATM)セル2800の構成を示したブロック図である。ATMセル2800は、周知の標準的なセルで、ヘッダ部2802とデータ部2804とから構成される。ヘッダ部2802は、仮想バス識別子(VPI)2806と仮想チャネル識別子(VCI)2808とそれ以外の他のヘッダ情報2810とを有する。標準的なATMセル2800は、53バイト長である。ヘッダ部2802は5バイトでデータ部2804は48バイトである。ヘッダ部は、周知技術としてあるように、VPIやVCIやその他のヘッダ情報のような標準仕様の情報が書き込まれている。VPI2806は8ビットで仮想バスを識別するためのものであり、VCI2808は16ビットで仮想チャネルを識別するためのものである。VPIとVCIは、ハブ端末のATMベースSSIモジュールのATMフォーマッタにて書き込まれる。

【0293】図33は、1対多通信システムの1実施形態に用いられる時分割多重セル(以下、TDMセル2900と呼ぶ)の構成を示したブロック図である。TDMセル2900は、データ部2902と、仮想バス識別子(VPI)とそれ以外のヘッダ情報2908とを有するヘッダ部2904とから構成される。TDMセル2900はTDMパケットと呼ぶこともあるが、その詳細はATMセルをモデルとしているのでTDMセルと以下呼ぶこととする。さらに、ATMセル2800とTDMセル2900は、一般的に、それぞれATM信号とTDM信号と呼ぶこともある。

【0294】TDMセル2900は、標準的なATMセルの大きさ(すなわち、53バイト)と同じになるようデザインされているのが特徴である。これにより、マルチ転送モードセルバス上の同じデータセル(図18のデータセル1704)内で、また、エAINタフェースフレームフォーマットの同じデータフィールド(図7のデータフィールド704)内で、ATMセル2800とTDMセル2900とを互いに入れ替えることができる。

【0295】さらに、TDMセル2900は、ATMセルと同様に、5バイトのヘッダ部2902と48バイトのデータ部とを有している。これは従来技術のTDMセルの構成とは異なる。従来技術のTDMセルの構成では、その長さにかかわらず、ヘッダ部2902を持つ必要がなかった。TDMセルは、それがどのタイムスロット位置にあるかで転送およびスイッチングされていたからである。さらに、TDMセル2900は、ATMに特有のヘッダであるVPI2906を用いており、ヘッダ部2902に挿入されている。よって、TDMセルのヘッダ部、特に、TDMセル上のATMヘッダであるVPI2906を用いることは、本発明の本実施形態に特有

のものである。VPI2906は、ハブ端末において、TDMベースSSIモジュールのセルフォーマッタによってTDMセル2900に挿入される。VPI2906は、そのヘッダ部2902のATMセルからVPI2906を見つける位置と全く同じ位置に挿入されていて、以下に示すようにアドレスフィルタリング技術に用いられる。

【0296】データ部2904は、通常、レベル0デジタル信号(DS0)のパルス符号変調データ(以下、PCMデータと呼ぶ)を運ぶ。PCMデータとDS0は周知技術であり、これ以上の説明は省く。チャネル・アソシエイテッド・シグナリング(Channel Associated Signaling: CAS)のようなシグナリングデータは、PCMデータに関連して、別個のTDMセルで送られていた。本発明の本実施形態では、データ部2904でPCMデータを運び、ヘッダ部2902の他のヘッダ情報2908をシグナリングデータを運ぶのに用いて、他のヘッダ情報2908を有効に用いている。シグナリングデータとPCMデータと同じTDMセル2900内に配置することは、PCMデータとシグナリングデータとのいずれか一方のみしか含まない従来技術のTDMセルとは異なるものである。従って、本実施形態では、別個のTDMセルで運ばれるシグナリングデータとPCMデータをそれらのタイムスロットに応じて別個にスイッチングする必要がない。なお、シグナリングデータはPCMデータから分離する必要があるが、それに関しては、図47乃至図49に示すTDMバッファリングを参照して詳細に説明する。

【0297】本実施形態の他の特徴としては、データ部2904が複数のDS0からのPCMデータを運ぶのに分割されて用いられるということである。従来技術のTDMセルでは、1つのDS0からのデータのみを運ぶものであった。図47乃至図49に示すようなTDMセルを用いる場合、T1ラインからの複数のDS0が同じTDMセルに多重され得る。この過程は、図44乃至図50を参照して詳細に説明する。

【0298】図34は、遠隔端末の図22、25、28、29に示したような各ATMベースSSIモジュールで実行されるATMアドレスフィルタリング機能部のブロック図である。図35、36は、ATMベースSSIモジュールのATMアドレスフィルタリング技術にて実行される各ステップを示したものである。ATMアドレスフィルタリング機能部3000は、マルチ転送モードセルバス3002と、VPI比較部3006を有するATMフォーマッタ3004(ATM信号フォーマッタ)と、(図25のATM-OCS3cSSIモジュールのための)オプショナルVPI検索テーブル3007とオプショナルVPI受入れ/廃棄ビット3009と、VCI検索テーブル3010を有するバッファ3008と、ユートピア(Utopia)バス3012と、TD

Mセルフォーマッタ (TDM信号フォーマッタ) 302
2とから構成されている。VCI検索テーブル3010
は、VCI受入れ／廃棄ビット3016、AAL1/A
AL5ビット3018、第2の8ビット部3020を有
する。VPI比較部3006は、抽出されたVPI30
24とレジスタ3026と比較器3028とを有する。
さらに、AAL1SAR3013とAAL5SAR30
14も示している。

【0299】マルチ転送モードセルバス3002は、A
TMフォーマッタ3004とTDMセルフォーマッタに
接続している。ATMフォーマッタ3004はVPI比
較器3006とオプショナルVPI検索テーブル300
7を有している。ATMフォーマッタ3004はバッフ
ア3008と、ユートピアバス3012に接続してい
る。バッファ3008は、VCI検索テーブル3010
を有している。ATMフォーマッタ3004とTDMセ
ルフォーマッタ3014とは共にカスタムロジックデ
バイスである。

【0300】実際には、マルチ転送モードセルバス30
02は、図16乃至図20を参照して説明したように、
遠隔端末の屋内装置のSSIスロットにどのSSIモジ
ュールが挿入されたかによって、ATMフォーマッタ3
004およびまたはTDMセルフォーマッタ3022との
インターフェースを司る。このATMアドレスフィルタ
リング技術は、ハブ端末から遠隔端末へと流れ、1対多
通信システムを出て加入者へと到る混合トラヒックのた
めの遠隔端末の屋内装置のATMSSIモジュール（例
えば、Quad DS1/AAL1 SSIモジュール、
マルチ転送モードSSIモジュール、ATM-OC3c
SSIモジュール）で実施されるものである。この技術
は、マルチ転送モードセルバス3002を通して受信さ
れるATMセルとTDMセルとを識別するために用いられ
る。正しいタイプのセルがソーティングされたら、さ
らに、マルチ転送モードセルバス3002上のどのセル
を特定のSSIモジュールへ向かわせるのか決定するた
めにソーティングする必要がある。

【0301】図は、例えば、図22に示したQuad DS1/AAL1モジュール、図25に示したOC3c SSIモジュール、図28乃至図29に示したマルチ転送モードSSIモジュールのような特殊なSSIモジ
ュールというよりは、一般的なATMSSIモジュールの構成図である。よって、図34に示したブロック図と図3
5と図36に示したフローチャートは、タイプに関わらず、遠隔端末の各ATMSSIモジュールで実行される
処理を示している。なお、図28乃至図29に示したマ
ルチ転送モードSSIモジュールだけは、ATMフォー
マッタ3004とTDMセルフォーマッタ3022の両
方を有し、その他のATMベースSSIモジュールは、
ATMフォーマッタ3004のみを有し、TDMセルフ
ォーマッタ3022は有していない。

【0302】TDMトラヒックのために構成されるSSI
モジュール（すなわち、TDMベースSSIモジ
ュール）の場合、フィルタリングプロセスは比較的単純であ
る。マルチ転送モードセルバス3002上のIM-CO
MMメッセージスロット（図16参照）は、TDMセル
フォーマッタ3022に扱うべき適切なタイムスロットを与
える。このタイムプランは、メッセージバッファ
（図示せず）に格納されている。よって、TDMセルフ
ォーマッタ3022は、与えられたタイムスロットから
TDMセルを抜き取るだけでよい。これは、TDMセル
フォーマッタ3022は、ATMセルでも不要なTDM
セルではなく、所望のTDMセルをコピーするだけでよい
ことになる。

【0303】ATMトラヒックのために構成されるSSI
モジュール（すなわち、ATMベースSSIモジ
ュール）の場合、フィルタリングプロセスは比較とテーブル
を用いた検索の仕組みが必要となる。ATMフォーマッタ3004は、マルチ転送モードバス3002で送られ
てくるTDMセルとATMセルの両方を含む全てのセル
を受信し（図35のステップ3100）、それをATM
フォーマッタ3004の内部に設けられたFIFO (fi
rst In first out) メモリに一時的に格納する。そ
して、ATMフォーマッタ3004は、受信したセルか
らVPIを抽出し、VPI比較器3006にて、その抽
出したVPIと記憶された特定のSSIモジュールのV
PIとを比較する。すなわち、VPIの比較処理を実行
する（図35のステップ3102）。VPI比較部30
06は、抽出されたVPI3024とレジスタ3026
に記憶されているVPIとを比較するために比較器30
28を用いる（図35のステップ3102）。入力され
たセルから抽出したVPIと内部に記憶したVPIとが
一致したとき（図35のステップ3104）、そのセル
は保持される。それ以外のVPIが一致しない入力セル
は全て廃棄される（図35のステップ3106）。図
33で説明したように、全てのTDMセルが、ATMの
ヘッダ部にVPIがある位置と同じ位置にそれらTDM
セルにユニークなVPIを持っているので、ATMフォー
マッタ3004のVPI比較部3006は、単に、T
DMセルのVPIを読み、ATMセルのごとくTDMセル
を廃棄すればよい。これにより、特定のSSIモジ
ュールに向かうATMセルのみが保持される。また、T
DMセルはATMセルと区別されて、特定のSSIモジ
ュールで保持される。さらに、VPI比較部は、TDMセ
ルのVPIが予め割り当てられており、この割当てられ
たVPIとのマッチングを行い、そのVPIと一致しな
いVPIを持つTDMセルを廃棄するように構成されて
いてもよい。

【0304】以上のようにしてATMセルが保持され
たら、次に、その保持されたATMセルのVCIヘッダ情
報2808を、例えばスタティックRAMで構成されて

いるバッファ3008に格納されているVCI検索テーブル3010から検索する(図35のステップ3108)。このVCI検索ステップでは、VCIの下位14ビットを抽出して、それをVCI検索テーブル3010のインデックスとして用いる。VCI検索テーブル3010は 2^{14} 個のアドレスをサポートするが、最大 2^{16} 個のアドレスまでサポートできる。1回のアクセスで、インデックスを用いて、VCI検索テーブルから16ビットが読み取られ、それをATMフォーマッタ3004がラッチする。検索テーブルの下位8ビットはVCI受入れ/廃棄ビット3016とAAL1/AAL5ビット3018とを含む。VCI受入れ/廃棄ビットが“0”的ときは(図35のステップ3110)、マッチングなしとして、そのATMセルは廃棄されて、そのATMセルに対する処理は終了する(図35のステップ3106)。VCI受入れ/廃棄ビットが“1”的ときは(図35のステップ3110)、マッチングありとして、そのATMセルは保持される。

【0305】このようにして、ATMセルが保持された場合、さらに、VCI検索テーブル3010のAAL1/AAL5ビット3018を用いて、ATMフォーマッタ3004に、そのATMセルがAALタイプ1(AAL1)のATMセルかAALタイプ5(AAL5)のATMセルかを知らせて、当該ATMセルをユートピアバス3012を介してAAL1SAR3013とAAL5SAR3014のいずれにルーティングすべきかを判断させる(図35のステップ3112)。当該ATセルがAAL5のセルであるときは(図35のステップ3112)、それは、ユートピアバス3012を介してAAL5SAR3014へ送られ、先に説明したように処理される(図35のステップ3114)。

【0306】当該ATセルがAAL1のセルであるときは(図35のステップ3112)、それは、ユートピアバス3012を介してAAL1SAR3013へ送られる。その際、セルはわずかに変更される。すなわち、VCIの下位8ビットは下位VCIの変更処理(図35のステップ3116)によって変更される。用いたAAL1チップは下位8ビットに標準的なATMVC1に代えて物理情報を要求する。VCI検索テーブル3010は特定のユーザに合わせた構成に基づきソフトウェアでロードされるという利点がある。これにより、VCIを加入者のチャネル識別子の形態により柔軟に対応できるよう変形することができる。この下位VCIの変形は、検索ステップの実行と別個のステップで行うよりは、同時に行われる。AAL1セルが受け入れられたら、VCI検索テーブル3010の第2の8ビット部3020に格納されているVCIの下位8ビットは新たな下位8ビットVCIとなる。この新たな下位8ビットVCIは、そのセルがAAL1SAR3013へ送られる前にATMセルに書き込まれる(図35のステップ3118)。これ

には、一度の検索のみで、しかも、VCIの検索と同時に行われるので、処理時間を短縮できるという利点がある。この処理は、受け入れられた全てのセルに対し行われる。受け入れられたセルがAAL5セルのときは、下位8ビットVCI3020は廃棄される。

【0307】ここでは、VCIテーブルの検索を、いくつかの検索を1つのVCI検索テーブル3010で集約して行っている事が特徴的である。従来技術では、VCI検索は、受け入れ/廃棄検索と、AAL1/AAL5検索、下位VCI変更検索がそれぞれ1つづつあった。本実施形態では、これら3つの検索を1つのVCI検索テーブル3010でまとめて行っている。いすれか2つの検索をまとめて実行する事自体は、従来技術のATMフィルタリング技術とは異なる点である。さらに、このような3つの検索を1つのVCI検索テーブルで実行する事は、処理時間を短縮することができ、よって、ATMセルのルーティングの際の遅延時間を最小限に抑えることができる。

【0308】なお、ATMベースSSIモジュールは、AAL1とAAL5のいすれか一方のみをサポートするよう構成されていてもよい。この場合、図34において、AAL1SAR3013とAAL5SAR3014のいすれか一方がなくてもよいし、AAL1/AAL5ビットも必要なくなる。

【0309】遠隔端末で用いられる図25のATM-O-C3cSSIモジュール2200では、遠隔端末で用いられるそれ以外のATMベースSSIモジュールとは異なるATMアドレスフィルタリング処理が行われるが、それを図36のフローチャートに示す。ATM-O-C3cSSIモジュール2200のスループットは、それ以外のタイプの遠隔端末の有するSSIモジュールのスループットよりはるかに大きいために、ここに示すアドレスフィルタリング機能は異なる。OC3cラインは、155.5Mbpsでデータを送信する。これはDS3ライン3本分に等しい。図36のフローチャートは、ATMOC3cSSIモジュールのDS3オプションにも適用可能である。

【0310】図36において、最初の3つのステップは、図35の最初の3つのステップと同様であり、セルがマルチ転送モードセルバスから受信されると(図36のステップ3150)、図35のステップS3102と3104に示したように、そのセルから抽出されたVPIとレジスタ3026に格納されているVPIとの間でVPIの比較処理が実行される(図36のステップ3152、3154)。両者が一致したら(図36のステップ3154)、前述同様、VCI検索テーブル3010を用いてVCIの検索処理を行う(図36のステップ3156)。そして、VCI受入れ/廃棄ビットが“1”的とき(図36のステップ3158)、当該ATMセルは受け入れられ(図36のステップS3162)、VCI受

入れ／廃棄ビットが“0”的とき（図36のステップ3158）、当該ATMセルは受け入れられる（図36のステップ3162）。なお、ここで、重要なことは、TDMセルは、ステップ3154で、抽出されたVPIと格納されているVPIとがマッチするので、ステップ3156乃至ステップ3158までのバスを通過することができない。

【0311】VPIが一致しなくとも（図36のステップ3154）セルは廃棄されないが、ATMフォーマッタ3004のVPI検索テーブル3007を用いてVPIの検索が実行される（図36のステップ3164）。VPI検索テーブルは、8ビットで2⁸個のエントリの深さを有するテーブルである。セルから抽出されたVPIをこのVPI検索テーブル3007のインデックスとして用いる。VPI受入れ／廃棄ビット3009が“1”的とき（図36のステップ3166）、そのセルを受け入れる（図36のステップ3162）。VPI受入れ／廃棄ビット3009が“0”的とき（図36のステップ3166）、そのセルを廃棄する（図36のステップ3160）。VPI受入れ／廃棄ビット3009は、特定のATMOC3cSSIモジュールが受け入れよう予め定められているVPIに予め設定されているものである。なお、TDMセルに割り当てられているVPIはTDMセルにユニークなものであり、また、そのVPIをインデックスとして用いてVPI検索テーブル3007を検索すると、常にVPI受入れ／廃棄ビット3009が「廃棄」を示すよう設定されているので、TDMセルはATMセルとは区別されて廃棄される。よって、全てのTDMセルはVPI検索テーブル3007で廃棄される。

【0312】さらに、これは、抽出されたVPIが特定のSSIモジュールに予め割り当てられたVPIに一致しないときに“VCIトランスペアレント”サービスを提供する。これにより、ATMセルはVCI検索を行うことなく、SSIモジュールを通過する。そして、予め設定されたVPIを有する全てのATMセルは、ATM-OOC3cSSIモジュールを通じて加入者へ転送される。

【0313】図34、図36に示した実施形態において、ATMベースSSIモジュール（例えばATMOC3cSSIモジュール）は、ATMベースモジュールに入力した各セルについて、VPIの比較を行い、VPIの検索およびVCIの検索のいずれかを実行することに特徴がある。また、ATMベースSSIモジュールは各セルについてVPI検索とVCI検索の両方を実行することはない。よって、本実施形態によれば、ATMOC3cSSIモジュールのスループットに関する処理時間を短縮することができるという効果がある。

【0314】ATMベースSSIモジュールは、マルチ転送モードセルバスのような転送モードの混合されたイ

ンタフェースからのトラヒックを受信するように示しているが、本発明は、これに限定されない。ATMベースSSIモジュールは、混合セルではなく、ATMセルのみを受信し、ATMセルを所望の宛先へ正しくフィルタリングおよび転送するためにATMアドレスフィルタリング技術と同様な処理が実行される。

【0315】アドレスフィルタリング技術は、マルチ転送モード、マルチ変調1対多通信システムのSSIモジュールで用いられる。各構成部は一般的なものであり、当業者が容易に理解可能なものである。

【0316】【拡張屋内装置およびファイバ拡張モジュール】図37は、図2の遠隔端末の屋内装置のサービス特定インタフェースポートのそれぞれに接続されている4つの拡張屋内装置のブロック図である。3200という符号を付したものは、遠隔端末の屋内装置3204（チャネル処理装置あるいはIDU）に接続する遠隔端末の屋外装置3202（トランシーバ装置あるいはODU）と、4つの拡張屋内装置3208（EIDU）のそれぞれから屋内装置3204の間を接続する4つのファイバリンク3206とを有する。各拡張屋内装置3208は、4つのSSIモジュール（カード）3210を有する。

【0317】より多くの加入者インタフェースを収容するために、また、屋内装置3204から2250フィートまでの間で加入者が1対多通信システムへアクセス可能なようにするために、拡張屋内装置3208（EIDU）がファイバリンク3206を経由して屋内装置3204の複数のSSIポートのうちの1つに接続している。EIDU3208は、この1対多通信システムとのインターフェースとして4つのSSIモジュール3210を収容する。拡張屋内装置3208の数とそのそれぞれがサポートするSSIポートの数とは、その実施形態により異なるが、遠隔端末の1つの屋内装置3204に接続可能なSSIモジュール3210は、最大16個までである。

【0318】これは、従来技術の拡張屋内装置および拡張インターフェースとは異なるものである。従来技術では、例えばリボンケーブルのような、信号を運ぶバスをリピート（すなわち延長）するための高密度銅線ケーブルのバスリピータを用いている。しかし、バスリピータは、バスをたかだか数フィート延長できるだけであり、マルチ転送モードセルバスを2250フィートまで延長できるマルチモードファイバリンク3206とは異なる。これは、加入者がその所持する実際の屋内装置から2250フィートまでの距離にある遠隔端末の屋内装置に対しアクセス可能にするという効果がある。よって、広い構内にいる加入者がその構内のどこかに設置されているはずの屋内装置3204を介して、その広い構内のどこからでも1対多通信システムへアクセスすることができる。従来技術では、加入者は遠隔端末の屋内装置か

101

ら数フィートの距離でないとアクセスできなかつた。
【0319】EIDU3208は、遠隔端末の屋内装置3204に、“マスタ”ファイバ拡張モジュール（図38参照）と呼ばれ、屋内装置3204のSSIポートに装着されるファイバ拡張モジュールと、マルチモードファイバリンク3206とを介して接続している。マルチモードファイバリンク3206は、マルチ転送モードセルバスを拡張する光ファイバケーブルである。マルチモードファイバリンク3206は、200MHzリンクで、拡張屋内装置3208と拡張屋内装置3208に挿入されている“スレーブ”ファイバ拡張モジュールと呼ばれる他方のファイバ拡張モジュール（図38参照）で接続する。“マスタ”および“スレーブ”ファイバ拡張モジュールは同じものであるが、前者は遠隔端末の屋内装置で、後者は拡張屋内装置でそれぞれ用いられている。ファイバリンク3206は周知のマルチモードファイバである。最大2250フィートまで延長でき、10-12あるいはそれに満たない程度のピット誤り率で伝送できる。ファイバリンク3206として、マルチモードファイバの代わりにシングルモードファイバを用いれば、より距離が延長できる。なお、ケーブルを参照する際に用いる“マルチモード”とは、前記したように、マルチ（多）変調やマルチ転送能力のことを言及しているわけではない。

【0320】“マスタ”ファイバ拡張モジュールは、ファイバリンク3206としてのマルチ転送モードセルバス上の信号のフォーマットを変換してから、それをファイバリンク3206へ送出する。その際、（ハブ端末からエアインタフェースを通して得られる）タイミングを含み、送出する。“スレーブ”ファイバ拡張モジュールは、ファイバリンク3206からの信号をマルチ転送モードセルバス上の信号フォーマットに戻して、EIDU3208の他方のマルチ転送モードセルバスへ送出する。信号のタイミングは、屋内装置3204でのオリジナル信号のタイミングに一致するよう進ませたり、遅らせたりする。よって、EIDU3208のSSIモジュール3210は屋内装置3204自体に直接接続しているのとほとんど等しい。

【0321】実際の拡張屋内装置3208は、ファイバ拡張モジュール、マルチ転送モードセルバスを含むバックプレインバス、4つのSSIモジュール3210のための4つのSSIポートを有するのみである。そして、マルチ転送モードセルバスを拡張して加入者インタフェースの追加を可能にしている。さらに、従来技術の拡張リンク（リボンケーブル）および従来技術の拡張装置は1タイプのみのトラヒック（ATMとTDMのいずれか一方）をサポートしていたが、本実施形態では、両方のタイプのトラヒック（ATMとTDM）をサポートしている点で、従来技術の拡張装置は異なる。

【0322】図38は、遠隔端末の屋内装置あるいは図

102

37の拡張屋内装置の複数のSSIポートのうちの1つに装着されるファイバ拡張モジュールのブロック図である。ファイバ拡張モジュールは、マルチ転送モードセルバス3302、ファイバ拡張モジュール（FEM）フォーマッタ3308、メッセージバッファ3310、CPU3312、データバッファ3314、並列・直列コンバータ3316、直列・並列コンバータ3318、デバイダ3320、光ファイバ送信機3322、光ファイバ受信機3324、ファイバリンク3326を有している。

【0323】マルチ転送モードセルバス3302は、タイミングバスを有し、バックプレインインタフェースを構成する。マルチ転送モードセルバス3302はFEMフォーマッタ3308に接続する。FEMフォーマッタ3308はメッセージバッファ3310とCPU3312に接続する。CPU3312はメッセージバッファ3310にも接続する。FEMフォーマッタ3308は並列・直列コンバータ3316と直列・並列コンバータ3318とデータバッファ3314とデバイダ3320とに接続する。並列・直列コンバータ3316はファイバリンク3326に接続する光ファイバ送信機3322に接続する。ファイバリンク3326は、直列・並列コンバータ3318に接続する光ファイバ受信機3324にも接続し、直列・並列コンバータ3318はデータバッファ3314とデバイダ3320に接続する。

【0324】実際には、遠隔端末の屋内装置のファイバ拡張モジュール（FEM）3300（以下、これをIDU FEMあるいは“マスタ”FEMと呼ぶ）は、EIDUに接続するファイバリンク3326とのインタフェースを提供するものである。また、マルチ転送モードセルバス3302から入力するセルを一時格納したり、拡張屋内装置（EIDU）からくるデータを一時格納したり、マルチ転送モードセルバス3302のバスフレームフォーマットで運ばれるIM-COMオーバヘッドメッセージを介して遠隔端末の屋内装置のCCMと通信したりする。IDUFEM3300は、EIDUのFEM3300と同期をとるためと、EIDUの識別のために、図16に示した最初のIM-COMスロットを用いる。

【0325】IDU FEM3300では、セルは、マルチ転送モードセルバス3302からFEMフォーマッタ3308で受信される。FEMフォーマッタ3308は、その仕様に沿って設計されたロジックであり、マルチ転送モードセルバス3302からのタイミングも再生する。FEMフォーマッタ3308は、（EIDUでFEMと同期をとる際に用いる）ユニークなワード、フレームとスーパーフレームの識別コード、EIDU識別バイトを最初のIM-COMタイムスロットに挿入する。IM-COMメッセージは、CPU3312で処理するために、まず、メッセージバッファ（デュアルポートRAM）に送られる。CPU3312はRISCマイクロ

コントローラであり、コンフィグレーション、アラーム等のために、メッセージバッファ3314からメッセージを読取る。最後に、FEMフォーマッタ3308は、マルチ転送モードセルバス3302から受信したフレームを並列・直列コンバータ3316へ送信する。並列・直列コンバータ3316はデータフレームを光ファイバ送信機3316へ200MHzで送るための高速コンバータである。光ファイバ送信機3322はファイバリンク3326を通してEIDU FEM(拡張屋内装置のファイバ拡張装置すなわち“スレープ”FEM)へ信号を送信する。

【0326】上記とは逆の方向において、まず、光ファイバ受信機3324はファイバリンク3326を介してEIDUからのデータフローを受信する。受信されたデータは、直列・並列コンバータ3318へ送られ、ここで、データフローがパラレルデータに変換されて、デュアルポートRAMで構成されたデータバッファ3314へ送られる。データフローは、タイミングとバッファリングとの要請からやや複雑である。FEMフォーマッタ3308は、EIDUが割り当てたユニークなワードを再生して、そのユニークなワードからフレームの先頭がどこからかを知ることができる。このユニークワードはセルバスTXフレーム同期信号(セルバス3302の信号群を示した図19のCB_TX_FS)の前にFEMフォーマッタ3308に到着するよう設計されている。よって、データはFEMフォーマッタ3308が読み取る前にデータバッファ3314に書き込まれる。FEMフォーマッタ3308はデータバッファ3314からフレームの先頭からデータを読み取り、それをマルチ転送モードセルバス3302上へコピーする。その際、セルバスフレームのタイミングはファイバリンクのオフセットを修正するために遅らせたり進ませたりされる。FEMフォーマッタ3308はまた、EIDUからのタイミングを再生する。

【0327】“スレープ”FEMと呼ばれる拡張屋内装置3300のファイバ拡張モジュール(EIDU FEM)のブロック図は、図38と同様である。IM-COmメッセージとデータを含むフレームがIDU FEMの光ファイバ送信機からマルチモードファイバリンクを通して送信されたとき、信号はEIDU FEM3300の対応する光ファイバ受信機3324に入力する。その後の流れは、上記のIDU FEMの場合と同様である。フレームに割り当てられたユニークコードワードはFEMフォーマッタ3308で受信されて、フレームの先頭が判断される。さもなくば、タイミング問題が発生する。FEMフォーマッタがフレームの実際の開始時ではなく、データを受信したときに、フレームの先頭をかってに判断してしまうからである。このユニークコードワードは、屋内装置とEIDUとの間のタイミング問題を軽減する。さらに、EIDU FEM3300のCP

U3312は、遠隔端末の屋内装置のCCMとIM-COmのオーバヘッドメッセージを用いて通信を行い、装着されているSSIモジュール内のプロセッサに信号を供給する。よって、バスフレームフォーマット上のデータはEIDUでマルチ転送モードセルバス3302上に送出され、SSIモジュールは1対多通信システムとのインターフェースが可能となる。

【0328】ここで、ファイバ拡張モジュールは送出するなわちサポートしているトラヒックのタイプを識別しているわけではない。混合されたトラヒックを識別するのは拡張屋内装置にあるSSIモジュールであり、ファイバ拡張モジュールおよびマルチモードファイバリンクは単にマルチ転送モードセルバスを延長するのみである。よって、ファイバ拡張モジュールとマルチモードファイバリンクは複数の転送タイプ(例えばATMとTDM)に用いる信号をサポートする。なお、これは、拡張バス(ファイバリンク)を通して拡張屋内装置へ複数の転送モードの信号を送出する従来技術とは異なるものである。

【0329】EIDU FEM3300のSSIモジュールからのデータフローは、遠隔屋内装置から拡張屋内装置へのデータフローの逆である。FEMフォーマッタ3308でマルチ転送モードセルバス3302からセルを受信すると、FEMフォーマッタ3308はメッセージバッファ3310からEIDU FEMのIM-COmメッセージをコピーし、データフレームの最初の部分にIDU FEMにフレームの先頭を知らせるためのユニークワードを挿入し、当該セルを光ファイバリンク3326を通してIDU FEMへ送信するために並列・直列コンバータ3316にコピーする。次に、IDU FEMフォーマッタ3308では、データフレームをマルチ転送モードセルバス3302にコピーし、屋内装置のCCMへ送信する。このようにして、IDU FEM3300、EIDU FEM3300、ファイバリンク3326はマルチ転送セルバスの拡張機能を実現している。なお、当業者にとっては明らかなことなので、ここでは、種別の異なるすべての信号についての詳細は示していない。また、全ての信号と機能ブロックを説明したわけではないが、それらは当業者であれば容易に実施可能であるので、これ以上の詳細な説明は省略する。

【0330】図39は、図38のファイバ拡張モジュールを用いた場合の、遠隔端末の屋内装置(IDU)から図37の拡張屋内装置(EIDU)へ転送されるデータ遅延について説明するためのタイミングチャート3400である。ここで重要な遅延のは、伝播遅延3402と、ガードタイム3404と、送信・受信オフセット3406と、フレーム同期オフセット3408である。同時に複数の信号群を示している。すなわち、遠隔ファイバ拡張モジュールのセルバス受信スーパフレーム同期信号3410(CB_RX_SFS(IDU FEM))

と、拡張ファイバ拡張モジュールのセルバス受信スーパーフレーム同期信号3412(CB_RXSFS(EIDU_FEM))、拡張ファイバ拡張モジュールのセルバス送信スーパーフレーム同期信号3414(CB_TX_SFS(EIDU_FEM))、セルバス送信スーパーフレーム同期信号3416(CB_TX_SFS(IDU_FEM))である。

【0331】図38のファイバ拡張モジュールを設計する上で、タイミングは重要である。タイミングチャート3400は、遠隔端末の屋内装置から拡張屋内装置へデータ転送遅延を示したものである。伝搬遅延3402はIDU_FEMからEIDU_FEMへのデータ転送の際の遅延であり、逆もまた同じである。この遅延は図38のファイバ拡張モジュール(FEM)の並列・直列コンバータ、光ファイバ送信機および受信機にて発生するものである。通常数マイクロ秒程度のガードタイム3404は、EIDU_FEMにて挿入され、データが読まれる以前にIDU_FEMに到着したことを確認するのに用いられる。IDU_FEMはEIDUから到着するデータを屋内装置のタイミングに同期させている。受信オフセット3406とフレーム同期オフセット3408を送信することは周知の技術であるので説明は省略する。

【0332】〔要求割当多元接続〕要求割当多元接続(DAMA)は、システム内で帯域変更の要求が発生したときに帯域を割り当てる方法である。DAMAは、周波数スペクトルの有効利用を可能にする。本実施形態に係る1対多通信システムでは、マルチ変調、マルチ転送環境下において帯域を割り当てるためにユニークなDAMA技術を用いている。

【0333】図30、図31は、それぞれ、マルチ変調環境下で用いられるATMスイッチにて実行されるATMアドレスフィルタリング技術についてのブロック図とフローチャートを示したものである。さらに、図30、図31には、DAMA技術を示すダウンリンク方向(ハブから遠隔端末へ向かう方向)のATMデータトラヒックにどのように帯域を割り当てるかを示している。

【0334】音声トラヒックへの帯域割当は慣用的な手法を用いる。1対多通信システムは、アクティブコール(オフフック)を検知し、自動的に帯域を割り当てる。遠隔端末は、図4、図6に示したようなエAINタフェースフレームフォーマットのオーバヘッド部に割り当たされている保守用スロットを用いてハブ端末に帯域要求を行う。ハブ端末は、呼をスイッチに接続するために、TR-008、GR-303シグナリングのいずれか一方を用いる。呼の最後には、割り当てた帯域を解放する。スイッチが呼を初期化すると、ハブ端末は帯域を割り当て遠隔端末に通知する。

【0335】データ帯域は、双方向(ダウンリンクおよびアップリンク)に動的に割り当たられる。アップリンクでは、遠隔端末は、上記したように、各SSIモジュ

ールのバッファの深さをモニタする。バッファの深さが予め定められた時間より長い間、閾値を超えているとき、遠隔端末はハブ端末へより広い帯域を要求する。ハブ端末は受け取った全ての要求を評価し、定められた優先度に応じて、全ての遠隔端末に異なるレベルの帯域を割り当てる。

【0336】本実施形態の特徴は、ダウンリンク上のATMデータトラヒックの帯域は、図30に示したようにユニークな手法で割り当たれていることである。前述10したように、ハブ端末のATM-OC3cSSIモジュールのATMスイッチは、OC3cラインから1対多通信システムへのATMトラヒックのフローを動的に管理することができる。ATMスイッチは、ダウンリンク方向(ハブ端末から遠隔端末)においてDAMAを目的として構成されている。

【0337】ATMスイッチの複数の物理レイヤは、n個の変調バッファ2612から構成されている。各変調タイプには異なる変調バッファが2612が存在する。例えば、QPSKには第1の変調バッファ2612、1206-QAMには第2の変調バッファ2612、64-QAMには第3の変調バッファがそれぞれ対応する。ALBM2606は、図30(図31のステップ2702)に示したように、よく知られた要求サービス品質(QoS)プロトコルに用いて、優先度に基づきATMセルを動的に管理する。これによれば、高い優先度のATMセルはそれよりも低い優先度のATMセルより遅延量を小さく抑えて転送される。また、遅延は、仮想バス識別子(VPI)と仮想チャネル識別子(VCI)により決定される。さらに、各VPI、VCIは、変調タイプに対応付けられている。従って、各物理レイヤアドレスは変調タイプに対応付けられることになる。

【0338】この仕組みでは、同じ通信リンク内の各変調タイプ毎に1つづつ、3つの別個のATMセルのストリームを生成する。各変調ストリームは、タイムスロットのグループを有し、各タイムスロットのグループは異なる変調がなされている。各変調タイプは、その変調タイプに対応する遠隔端末の数とサービスとに応じて要求する帯域幅が多少異なり、よって、異なる変調のなされたATMデータセルのストリームが生成されることに40より、ATMデータセルの帯域は変調ストリーム内に動的に割り当たられる。ATMフォーマッタ2610は、タイムプラン/変調検索テーブル2616にアクセスして、どの変調バッファがアクティブかを判断する(図31のステップ2704)。そして、ハンドシェイク信号をALBM2606に送信する(図31のステップ2706)。ALBM2606は、ハンドシェイク信号を読み、ATMセルをそれに対応する変調バッファ2612へ送信する(図31のステップ2708)。ATMセルがそれぞれの変調バッファ2612に格納されると、A50TMフォーマッタ2616はマルチ転送モードセルバス

フォーマットと対応するエAINタフェースフレームフォーマットの各タイムスロットの間にタイムプランにアクセスし、ATMセルをマルチ転送モードセルバスに送出する(図31のステップ2710)。このようにして、3つの異なる変調のなされたATMセルのストリームが生成される。この技術は、ダウンリンク上のATMデータトラヒックへ帯域を動的に割り当てるために、ATMチップセットのうち、ハブ端末から遠隔端末へのメッセージを生成する、すなわち、周知の“タグ”を付加するといった、より複雑な方法に置き換えて用いている。

【0339】図40は、帯域をチャネル状態に基づき動的に変更する要求割当多元接続(DAMA)技術を示したものである。図41は、図40に示したチャネル状態に基づくDAMA技術を実施するための処理ステップを示したもので、以下、図40と図41を参照しながら説明する。図40では、ハブ端末3502がクリアなチャネル状態3501と貧弱なチャネル状態3503の間の送信を示している。クリアなチャネル状態3501のとき、全ての遠隔端末は領域1 3504に存在している。貧弱なチャネル状態3503のとき、遠隔端末は領域1 3504から領域n 3508に存在する。さらに、図35では、ハブ端末3502のサポートするセクタ3506も示している。

【0340】実際、このDAMA技術はチャネル状態に基づき帯域が動的に割り当てる。例えば、1対多通信システムの通常動作において、領域1 3504内の遠隔端末は、ビット誤り率を許容範囲(例えば、 10^{-8})内に抑えるために1ビット当たりの要求エネルギーは低くてもよい。よって、64-QAMのような、より高次の変調(ビット/秒/Hzにより示される値がより高能率な変調)が用いられる。最遠方の領域、すなわち、領域n 3508(本実施形態の領域3では、QPSK変調方式を用いている)にある遠隔端末は1ビット当たりの要求エネルギーは高く、よって、QPSKのような低次の変調(ビット/秒/Hzにより示される値が低能率な変調)が用いられる。以下、このような構成の特徴点および効果を詳細に説明する。

【0341】ハブ端末3502は、まず、トラヒックバーストを送信する遠隔端末を選択する(図41のステップ3604)。次に、チャネル状態をモニタし、雨が降っているときのように(雨フェーディング)チャネル状態が貧弱か否かを判断する。雨フェーディングは、ラジオ無線リンクの電波状態を悪化させる主な原因である。チャネル状態は、RSSI(Received Signal Strength Indicator)、あるいは、通信リンクを通じて受信される信号のビット誤り率(BER)を測定することで判断できる。例えば、RSSIがハブ端末3502によりサポートされている変調モードのそれに対応して定められている閾値より下がったいるとき、あるいは、

BERがその閾値を超えているとき、チャネル状態は貧弱であると判断される。例えば、BERの閾値は、 10^{-8} でもよい。ハブ端末3502は遠隔端末のそれぞれから保守バースト信号を受信するが、この保守バースト信号には、例えば、RSSIを含むSQI(Signal Quality Indicator)を含まれている(図41のステップ3606)。

【0342】ハブ端末3502は、チャネル状態に基づき、その遠隔端末に対しサポート可能な最高次の変調を10選択する(図41のステップS3608)。雨フェーディングのような貧弱なチャネル状態3503の間は、トラヒックは、各領域、すなわち、領域1 3504から領域n 3508までのそれぞれで異なる変調方式を用いて変調され、エAINタフェースを通して送信される。

【0343】一方、クリアなチャネル状態3501では、全ての遠隔端末は領域1 3504に存在すると見なされ、トラヒックは、例えば本実施形態では64-QAMのようなビット/秒/Hzが最小で、送信帯域幅が20最小である最高次の変調がなされて送信される(図41のステップ3608)。ほとんどの時間はチャネル状態がクリアであることを考慮すれば、そのほとんどの時間帯で、帯域を高次の変調に動的に割り当てれば、帯域を節約することができる。これにより、帯域はチャネル状態がクリアな間は動的に管理でき、チャネル状態が貧弱なときのみ元の帯域割当てに戻せばよい。

【0344】ハブ端末3502は、通信すべき遠隔端末が他にあるかどうかチェックする(図41のステップ3610)。そのような遠隔端末があるときは、ステップ3604乃至ステップ3610を繰り返す。なけれあ、ハブ端末3502は処理を終了する(図41のステップ3612)。

【0345】帯域は、チャネル状態に基づき動的に管理されるがこのDAMA技術は、好ましくは、インターネットのブラウジングデータのようなUBR(Unspecified Bit Rate)に分類されるような品質の低いトラヒックで用いられるものであるが、音声のような、それ以外のクラスに分類されるようなより高い品質のトラヒックにも用いることができる。この場合、音声、その他の高い品質のサービスでは、遠隔端末は、それぞれ、領域1 3504から領域n 3508のいずれかに常に存在している。よって、最初のステップでは、送信されたトラヒックがUBRの低品質のサービスのものであるか否かを判断する必要がある。例えば、ビットレート等の申告パラメータのあるトラヒックタイプ(Specified Bit Rate)のような、トラヒックのサービスが高品質サービスのものであるときは、そのトラヒックは、領域1 3504から領域n 3508の異なる領域に存在する遠隔端末毎にそれぞれ用いられている異なる変調方式を50用いて通常通りに変調される。高品質サービスの帯域

は、チャネル状態に基づき変更されることはない。送信されたトラヒックが低品質サービスのときは動的に帯域を割り当てるために図41のステップが実行される。

【0346】図31は、異なる領域2704、2708がセクタ2706にどのように配置されているかを示したものである。セクタは、上記したようなスライスされたパイのような形のセクタで表されている。なお、図5は、遠隔端末がタイムプランに無関係に信号を受信する他のDAMA技術を示したものである。

【0347】[1:N冗長] 図42は、1:N冗長システム3700の構成を示したブロック図で、ハブ端末A3702、ハブ端末B3704、バックアップハブ端末3706、遠隔端末3710(1A乃至nA)、遠隔端末3712(1B乃至nB)、サブチャネルA3714、サブチャネルB3716、DS3Aライン3718、DS3Bライン3729、バックアップDS3ライン3772、マルチプレクサ3724、バックホール(Backhaul)ライン3726から構成されている。

【0348】ハブ端末A3702は遠隔端末3710とサブチャネルA3714を通して通信を行い、ハブ端末B3704は遠隔端末3712とサブチャネルB3716を通して通信を行う。バックアップハブ端末3706は、ハブ端末B3704が例えば故障したときに、遠隔端末3716とサブチャネルB3716を通して通信を行う。ハブ端末A3702、ハブ端末B3704、バックアップハブ端末3706は、それぞれDS3Aライン3718、DS3Bライン3720、バックアップDS3ライン3726を介してマルチプレクサ3724にそれぞれ接続する。マルチプレクサ3724は転送ネットワーク(図示せず)に接続するバックホールラインを有する。

【0349】この1:N冗長システム3700は、前述した1:多システム(図14参照)のハブサイトで用いられる1:1冗長システムの代替えとして設計されたものである。このようなシステムでは、マルチ転送モードおよびまたはマルチ変調機能に、ハブや遠隔端末を用いることもあるが、用いないこともあるので、一般的なものを示している。1:1システムでは、各通信端末すなわちハブ端末は、その特定のハブ端末が障害等により使えなくなったときのために、それぞれバックアップハブ端末を有している。よって、10個のハブ端末を有するシステムでは、10個のバックアップハブ端末が必要となり、その分だけシステムのコストがかかる。1:1冗長システムの構成は、図14に示されている。

【0350】1対多通信システムでは、複数チャネルで複数の別個のロケーションに配置された遠隔端末に分配するために、複数のハブ端末が同じアンテナセクタを用いて複数の遠隔端末へプロードキャストする。1:N冗長システムは、複数のハブ端末が同じセクタ内および同じアンテナカバーエリア内で動作可能なように設計され

ている。よってハブ端末A3702、ハブ端末B3704、バックアップハブ端末3706は全て同じセクタ内にあり、それぞれのアンテナは同じ方向を向いている。ハブ端末A3702は、“50MHzチャネルA”のサブチャネルA3714を用いてもよい。また、ハブ端末B3704は、“50MHzチャネルB”のサブチャネルB3716を用いてもよい。バックアップハブ端末3706は、ハブ端末A3702とハブ端末B3704のいずれか一方をバックアップできる。よって、ハブサイトにはハブ端末の数を抑えることができ、よって、1対多通信システム全体のコスト低減に貢献できる。バックアップハブ端末3706はハブ端末A3702、ハブ端末B3704と同様なSSIモジュール、あるいは、バックホールとの接続部を有する。

【0351】通常、ハブ端末Aとハブ端末Bとは、ユーザトラヒックが遠隔端末3710と遠隔端末3712との間で双方向に受け渡せるよう動作するものである、その間、バックアップハブ端末3706はバックアップモードである。たとえば、屋外装置が故障して、ハブ端末B3704が故障したとき、その故障は図43に示すようにして検知され、エレメント管理システム(EMS)に通知される。DS3Bライン3720上にレッドアームが送られる。バックアップハブ端末3706はハブ端末B3704へ切り替わり、サブチャネルB3716を通じて遠隔端末3712へ向けて送信を開始する。マルチプレクサ3724は、レッドアームを検知し、バックアップDS3ライン3722がDS3Bライン3720のバックアップとなる構成になるように、DS3Bライン3720からバックアップDS3ライン3722へ、全てのコネクションの切り替えを実行する。EMSは、SNMP(Simple Network Management Protocol)メッセージを用いてネットワーク・オペレーション・センタへ通知する。サブチャネルB3716から遠隔端末3712への送信が一時中断するが、直ぐに同期がとられて、送信は再開される。遠隔端末3712の加入者は一時的にサービスの質の低下を受ける。この切替による中断時間は統計的な値である。ハブ端末A3702が故障したときは、バックアップハブ端末3706はそれに代わり、サブチャネルA3714を通して同様にプロードキャストを行う。

【0352】バックアップハブ端末3706は故障が発生したときに確実に動作するよう、定期的に試験しておく必要がある。バックアップハブ端末3706が長い間動作させないでおくと、必要なときに動作しないということになりかねない。このテストとしては、例えば、“ロード・シェアリング”と呼ばれる手法がある。これは、ハブ端末B3704が負荷(ロード)の半分を送信し、バックアップハブ端末B3706が残りの半分の負荷を送信するというものである。一方のハブ端末が故障すると、他方のハブ端末が引き継ぐ。これによると、バ

ックアップハブ端末3706のための周波数がさらに必要となるか、あるいは、バックアップハブ端末3706がTDMAフレームのハブ端末B3704と同じ周波数を共有する。同じ周波数を共有する場合、2つの端末が数ビット単位で切り替わることは、この1対多通信システムで用いられているシンボルレート（例えば、10MHz）では困難なことである。他のバックアップテスト手法としては、1日に1回（深夜に）、バックアップハブ端末3706へ切り替えるというものである。これによると、1日に1回通信断が発生するという欠点がある。

【0353】本実施形態によれば、バックアップハブ端末3706はサブチャネルA3714、サブチャネルB3716を通じて、スーパーフレーム毎に（48ms毎に）1回、テストバースト信号を送信するだけである。テストバースト信号は、スーパーフレームの最後のフレームのオーバヘッド部にある最後の3タイムスロット（タイムスロットm-2からm）の先頭のタイムスロットm-2、すなわち、図8の獲得スロット806で送信される。テストバースト信号は、最初のバーストの間に送信されるので、タイミングが少しずれると、テストバースト信号はハブ端末B3704やハブ端末A3702により送信される他のバースト信号と衝突することはない。さらに、オンラインハブ端末（ハブ端末A3702とハブ端末B3704）はこれら3つのタイムスロットの間に送信は行わない。テストバースト信号には、QPSK変調が施されるので、全ての遠隔端末3710と3712は、たとえ遠方の領域にいる場合でもそれを受信することができる。各遠隔端末はテストバースト信号を受信し、テストバースト信号を受信したか否かを記録する。その後、信号強度や最初のバースト位置からどれだけタイミングがずれているかを記録する。これら計測値はオンラインハブ端末へ送り返される。この送られた計測値は記憶され、前回のものと比較され、バックアップハブ端末3706が故障しているか否かを判断する。何も受信されていない、あるいは、電力レベルが著しく低下している場合には、バックアップハブ端末3706は故障している。これらの値はバックアップハブ端末3706でも受信され、図43に示すように用いられる。

【0354】図43は、図42のバックアップハブ端末がオンラインハブ端末の故障を検知し、バックアップハブ端末のをテストする処理ステップを示したフローチャートである。最初のステップでは、冗長情報と送受信タイミングを獲得することにより、バックアップハブ端末を初期化する（ブロック3802）。次に、バックアップハブ端末はサブチャネルの周波数に同調し（ブロック3804）、そのサブチャネルの遠隔端末へ送信を行う（ブロック3806）。次に、遠隔端末は、これらバックアップハブ端末とオンラインハブ端末の電力レベルをリポートし（ブロック3808）、それぞれの保守用タ

イムスロットに、そのリポートした情報を挿入して、バックアップ端末へ送信する（ブロック3810）。バックアップ端末は当該情報を受信して（ブロック3810）、最終的に故障を検知する（ブロック3814）。

【0355】初期化ステップ（ブロック3802）は、オンラインハブ端末（ハブ端末A3702とハブ端末B3704）に1:N冗長機能を提供するためにバックアップハブ端末を初期化するものである。これは、冗長情報10を収集し、送受信タイミングの獲得を決定することを要求するものである。特に、バックアップハブ端末は図2に示したエレメント管理システム（EMS）と通信を行うことによって初期化され、例えば、LANアドレス、周波数、オーバヘッドチャネル割当て、冗長グループ内の他のハブ端末に対する電力設定といった冗長情報と得る。

【0356】次に、初期化ステップ（ブロック3802）として、バックアップハブ端末は受信タイミング獲得モードに入る。このモードの目的は、同調するアップリンクのスーパーフレームタイミングを決定することである。バックアップハブ端末は、遠隔端末からハブ端末へ送信される信号を監視して、バックアップハブ端末のタイミングとフレームフォーマットを1対多通信システムの他の残りのハブ端末に同期させる。バックアップハブ端末は、そのローカルオシレータが選択された入力ソースにロックするまで待ち、冗長グループの1つのサブチャネルを選択し、アップリンク（遠隔端末からハブ端末）に同調する。そしてバックアップハブ端末は、そのアンテナの開口を大きくし、QPSKスーパーフレームの同期ワード（遠隔端末からスーパーフレーム毎に1回送信される）を探索する。スーパーフレーム同期ワードは検知されるとそれが正しいか否か確認される。次に、バースト信号のコンテンツが復調され、ヘッダのフォーマット情報からその特定の遠隔端末のタイムスロット番号が決定される。そして、バックアップハブ端末はスーパーフレームの最初のバースト信号までのフレームとタイムスロットオフセットを計算し、そのスーパーフレームタイミングを受信したときと同じ位置に移動させる。バックアップハブ端末が所定時間（例えば、8スーパーフレーム分の時間）、スーパーフレーム同期ワードを検知および確認できなかったときは、そのバックアップハブ端末は故障モードであるとする。

【0357】初期化ステップにおいて、さらに、バックアップハブ端末は、オフセットを受信するための適切な送信を決定するための送信タイミング獲得モードに入る。バックアップハブ端末はオフセットを受信するための送信に（6msエアインタフェースフレームフォーマットに基づき）3msの値から開始し、スーパーフレームの最後のフレームのオーバヘッド部のタイムスロットm-2にオーバヘッドバースト信号を送信する（図8参50）。

照)。遠隔端末は、最後のエアフレームオーバヘッド部の最後の3タイムスロット(すなわち、タイムスロットm-2、m-1、m)のアバチャにバースト信号を探索するようプログラムされている。バースト信号が検知されなかったとき、遠隔端末は何もしない。バースト信号が検知されたとき、遠隔端末は分離するタイミングオフセットと電力パラメータとを維持し、情報を含むメッセージをバックアップハブ端末(とハブ端末)へ送り返す。バックアップハブ端末は、そのタイミングと電力を、この情報に合うように調整する。予め定められた時間、例えば、8スーパーフレームの間、折り返しバースト信号が検知されなかったとき、バックアップハブ端末は、自信が故障モードであると判断する。タイミングの調節は、カレントサブチャネルにおいて、ハブ端末毎に異なるものであるので、バックアップハブ端末は、冗長グループ内の各ハブ端末からタイミング獲得のための送受信を繰り返す必要がある。

【0358】初期化ステップの最後において、バックアップハブ端末はタイミングのテストと故障の検知のためにトラッキングモードに入る。バックアップハブ端末は、各サブチャネルに順番に同調し、格納されたオフセットを読み出して、遠隔端末からのメッセージのヘッダを読むことにより、スーパーフレームタイミングが正しくとれているかを確認する(ブロック3804)。スーパーフレームタイミングが正確でないと、バックアップハブ端末はブロック3802から処理を繰り返す。

【0359】その後、バックアップハブ端末は、テストバースト信号を上述したように(図8および図42)、獲得スロット806を構成するスーパーフレームの最後のフレームのオーバヘッド部の最後の3つのタイムスロット(タイムスロットm-2、m-1、m)のうちの最初のタイムスロットに挿入して、遠隔端末へ送信する(ブロック3806)。ここでテストバースト信号は、図42で説明したように送信されたテストバースト信号と同様である。よって、同じテストバースト信号がバックアップハブ端末をテストするために、また、オンラインハブ端末の故障を検知するために用いられる。オンラインハブ端末は、これら3つのバースト信号の間は送信を行わない。当該セクタ内の遠隔端末はバースト信号を検知し、その信号強度とタイミングとを測定する(ブロック3808)。タイミングと電力オフセット情報とが収集される。そして、遠隔端末は電力測定結果、例えば、測定されたRSSIをオーバヘッド部の保守用タイムスロットに挿入して、バックアップハブ端末へ送信する(ブロック3810)。

バックアップハブ端末は、この保守用タイムスロットに挿入された遠隔端末に記録された情報を受信する(ブロック3812)。なお、バックアップハブ端末は、ブロック3802のプロセスにおいて、どのタイムスロットから情報を取り出せばよいかを知っている。バックアップハブ端末をテストしていると

きは、オンラインハブ端末が情報を受信する(ブロック3812)。

【0360】そして、バックアップ端末が故障を検知する(ブロック3814)。故障を検知するには、バックアップハブ端末は、サブチャネルの遠隔端末からの自身および他のオンラインハブ端末の電力レベルと、冗長グループのサブチャネル上の複数のハブ端末の電力レベルとを比較する。自身(バックアップハブ端末)の電力レベルが、他の複数のハブ端末のうちの1つよりも所定値(例えは2から3dBs)より大きいときは、バックアップ端末は、当該他のハブ端末は故障しており、この故障しているハブ端末に替わって自分に切り替えると判断する。バックアップハブ端末は、冗長グループ内の全てのオンラインハブ端末に対するバーストタイムプランと同様に全ての送受信情報を有しているので、すぐさま切り替えを行うことができる。その際、遠隔端末では、サービス断が一瞬の間発生する。

【0361】無線周波数チャネルはフェーディングし易く、それは電力増幅故障と似ているので、バックアップハブ端末と他のハブ端末との間の電力レベルの比較は、電力増幅故障を検知する必要がある。よって、フェーディングにおいて、メインハブ端末とバックアップハブ端末との両方の電力レベルは減衰するので、電力レベルが比較される。

【0362】この故障検知プロセスは、雨フェーディングやハブ端末の増幅故障の間の遠隔端末の振る舞いにも起因する。オンラインハブ端末で電力減衰があると、遠隔端末の自動ゲイン制御(AGC)がそれを補正する。同時にAGCは、雨フェーディングの間の電力損失を補正する。よって、バックアップハブ端末に送り返される情報には、オンラインハブ端末とバックアップハブ端末に対する電力測定結果、RSSIにこの情報が含まれている。ステップ3814では、図42に示したようなバックアップハブ端末をテストしているときに、バックアップハブ端末からのテストバースト信号の強度をモニタする。

【0363】このように、1:N冗長システムは、ハブサイトに複数のハブ端末をバックアップする1つのバックアップハブ端末を提供するものである。これは、従来技術の1対多通信システムが、各オンラインハブ端末がそれぞれ1つのバックアップハブ端末を有する(1:1冗長)場合とは異なる。よって、この1:N冗長システムは、従来からの1対多通信システムにおいて、ハブサイトのハブ端末の数を少なくすることができる。さらに、この1:N冗長システムは、図42で説明したように、“ロードシェアリング”的ドローバック、すなわち、定期的な停止をすることなく、バックアップハブ端末のテストが行えるユニークな方法を提供する。図38に示す方法は、オンラインハブ端末とバックアップハブ端末の強度をスーパーフレーム毎にテストする故障検知方

法を提供するためのユニークなエインターフェースフレームフォーマットを用いている点に特徴がある。

【0364】 [TDMパッファリング] TDMパッファリングは、マルチ転送モードセルバスタイムスロットへのTDMセルの割当てに依存する遅延を最小限に抑えるように、TDMデータ（パルス符号変調（PCM）データとチャネル・アソシエイテッド・シグナリング（CAS）とを含む）をTDMセルにユニークにパック化するためのTDMベースのサービス特定インターフェイスモジュールのTDMセルフォーマッタで行われる。図33の説明に戻り、図33は、SSIモジュールのTDMセルフォーマッタ（あるいは信号フォーマッタ）で生成されるTDMセルを示したブロック図である。トラヒック部（データ部）2904は、TDMデータ、すなわち、パルス符号変調（PCM）データを有する。TDMセル2900のヘッダ部2902はATMヘッダすなわち仮想パス識別子2906を有する。これは、従来のTDMセルが、ヘッダ情報を持たず、そのタイムスロット位置に基づきスイッチングされるのとは、異なる点である。さらに、TDMセルのヘッダ部はATM特有のヘッダを有する。

【0365】このTDMパッファリング技術では、さらに、チャネル・アソシエイテッド・シグナリング（CAS）ビットのようなシグナリングビット等を持つその他のヘッダ部2908を用いる。従来、シグナリング（シグナリングビットとも呼ぶ）は別個のTDMセルで運ばれ、タイムスロットでスイッチングされる。よって、本実施形態のTDMセル2900は、PCMデータ（PCMサンプルとも呼ぶ）を運ぶTDMセル2900と同じセル内でシグナリングを運ぶのに、その他のヘッダ部2908を用いる点に特徴がある。

【0366】実際、SSIモジュールは、周知のT1ライン（DS1）あるいはE1ラインとのインターフェイスを司るために設計されたものである。例えば、拡張（Expand）スーパーフレーム（ESF）のように、異なるT1およびE1ラインは、異なるフレーム同期モードを用いるので、チャネル・アソシエイテッド・シグナリング（CAS）情報は2ビットあるいは4ビットの情報であり、1.5秒、あるいは2.0秒、あるいは3.0秒毎に更新される。よって、T1/E1ラインは異なるフレーム同期モードで動作し、1対多通信システムはハブ端末のいかなるDS0も遠隔端末のいかなるDS0にスイッチングすることができるので、シグナリング（例えばCASのような）はバンド（すなわち、トラヒック部2904ではなく）以外で運ばれる。シグナリングは、エントリポイントで（T1/E1フレーム同期で）抽出され、図33に示したヘッダ部2202のその他のヘッダ部2908を用いて転送される。これは、シグナリングをTDMセルとは別個のTDMセルを用いる場合とは対象的である。T1/E1ライン（デジタル信号レベル

1、すなわち、DS1とも呼ぶ）は通信の分野でよく知られたものであり、また、DS0（デジタル信号レベル0）も通信の分野でよく知られたものであり、よって、これ以上の説明は省略する。

【0367】図28に戻り、この図では、マルチ転送モードSSIモジュール2500を示している。マルチ転送モードSSIモジュール2500は、次に述べるようなATMパッファリングを行うTDMあるいは同期モードにおいて動作するよう構成された他のSSIモジュールと同様である。図28に示したマルチ転送SSIモジュールは、TDMパッファリングの一例を示したもので、各TDMベースSSIモジュールについて、その動作の説明は必要ないであろう。よって、図28は、TDMパッファリングがTDMベースSSIモジュール内でどのようにフィットするかを説明するために必要に応じて参照される。

【0368】上記したように、PCMパッファ制御装置2516は、タイミングマルチプレクサ2552からPCMデータとシグナリングとを受信する。タイミングマルチプレクサ2552は、T1/E1フレーム2554を通してT1/E1ラインのDS0からPCMデータとシグナリング（CAS）とを受信する。PCMパッファ制御装置2516は、PCMデータとシグナリングとをパラレルフォーマットへ変換し、それらを送信パッファ2514へ格納する。他方の方向では、PCMパッファ制御装置2516はPCMデータとシグナリングを受信パッファ2512から読み出す。受信パッファ2512と送信パッファ2514は、後述する図44、図45に示したように、ユニークなメモリ構造を有する。

【0369】図44、図45に示すメモリ構造は、本発明の本実施形態におけるTDMベースSSIモジュール内に用いられるパルス符号変調（PCM）データとCASのようなシグナリングを一時格納するためのものである。メモリ構造3900は、受信データパッファ3902と、送信データパッファ3904と、受信シグナリングパッファ3906と、送信シグナリングパッファ3908とを有する。受信データパッファ3902と送信データパッファ3904とは、それぞれラインデータパッファ3910を有する。各ラインデータパッファ3910は、1つのT1ラインにそれぞれ対応し、DS0データパッファ3912（図45参照）をそれぞれ有する。各DS0データパッファ3912は、それぞれの対応するT1ラインに特定されるDS0に関するPCMデータバイト3914を有する。受信シグナリングパッファ3906と送信シグナリングパッファ3908は、ラインシグナリングパッファ3916（図45参照）を有する。各ラインシグナリングパッファ3916は、対応するT1ラインのために用いられ、DS0シグナリングパッファ3918を有する。各DS0シグナリングパッファ3918は、それぞれの対応するT1ラインに特定さ

れるDS0に関連するDS0シグナリングバイト3920を有する。各DS0シグナリングバイト3920はシグナリングを有する。

【0370】メモリ構造3900は、RAMにインプリメントされ、單一メモリ構造3900の図28の送信バッファ2514と受信バッファ2512とを形成する。このメモリ構造3900は、TDMベースSSIモジュールがどのくらいの数のT1ラインとのインターフェイスを司るかによって、記憶容量が異なる。例えば、4つのDSI SSIモジュール（図22参照）とマルチ転送モードSSIモジュール（図28と図29参照）は、それぞれ4つと8つのT1ライン（DS1）とのインターフェースが可能であり、一方、TDM-DS3 SSIモジュール（図17）は28個のT1ライン（DS1）とのインターフェースが可能である。よって、受信データバッファ3902、送信データバッファ3904、受信シグナリングバッファ3906、送信シグナリングバッファ3908はその実装に応じて、異なる長さとなる。

【0371】各ラインデータバッファ3910は、1つのT1/E1ラインをサポートし、図33のTDMセル2900の48バイトのデータ部2904（トラヒック部とも呼ぶ）にパックするPCMデータのために2048個のPCMデータバイト3914を有している。各シグナリングデータバッファ3916は、図33のTDMセルのその他のヘッダ部2908内にパックするシグナリングのための256バイトの記憶容量を有する。1つのT1ラインには、2つのラインデータバッファ3910と2つのラインシグナリングバッファ3916（すなわち、1つは送信のために、もう1つは受信のために）が必要なので、各T1ラインは、PCMデータのバッファリングのために4098バイト（4K）とシグナリングのバッファリングのための512バイトのメモリ容量を必要とする。

【0372】各ラインデータバッファ3910は、2048（2K）バイトのバッファで、DS0データバッファ3912を有し、多くのDS0SSIモジュールのインターフェイスとなる。32のDS0データラインはTDM-DS3 SSIモジュール（28のT1ライン+オンラインテストのための4つ、あるいは32のE1ライン）を示す。各DS0データバッファ3912は特定のDS0からのPCMデータバイト3914を有する。DS0データバッファ3912は64バイトの循環バッファである点に特徴がある。これにより、PCMデータバイト3014の有するPCMデータを、メモリの要求を最小限に抑えて、TDMセルの48バイトデータ部2904にマッピングすることができる。上記したように、本実施形態では、TDMデータを非同期転送（ATM）モードセルと同じサイズのセル構造にフォーマットする。よって、PCMデータは48バイトのデータ部2904内に収まるようデザインされている。

【0373】ラインシグナリングバッファ3916は、それぞれ、DS0シグナリングバッファ3918を有している。各DS0シグナリングバッファ3918は、その特定のDS0についてのシグナリングバイト3920（CASデータを含む）を有する。DS0シグナリングバッファ3918もまた循環バッファであるが、長さは8バイトである。

【0374】さらに、PCMサンプルは125μ秒毎に各DS0データバッファ3918（循環バッファ）に格納され、シグナリングは1.0m秒毎に8バイトのDS0シグナリングバッファ3918（循環バッファ）に格納される。64バイトのDS0データバッファ3912と8バイトのDS0シグナリングバッファ3918は、8m秒間隔で一致する。しかし、例えば、本実施形態では、マルチ転送バスフレームフォーマット（図16）とエアインターフェースフレームフォーマット（図5）は、6m秒のフレームに基づく。

【0375】最初のフレームの間、PCMデータは64バイトのDS0データバッファ3912の最初の48PCMデータバイト3914に書き込まれる。そして、2番目のフレームの間、PCMデータは残りの16PCMデータバイト3914に書き込まれ、（循環して）先頭に戻り、DS0データバッファ3912の最初の32PCMデータバイト3914から書き込みを継続する。よって、DS0データバッファ3912は常に新しいPCMデータで更新されている。

【0376】シグナリングバッファについても同様で、最初のフレームの間、シグナリングビットはDS0シグナリングバッファ3916の最初の6シグナリングバイト3920に書き込まれる。2番目のフレームの間に、残りの2シグナリングバイト3920が書き込まれ、次に、循環して先頭に戻り、DS0シグナリングバッファ3916の最初の4シグナリングバイトが書き込まれる。このように、メモリ構造3900で用いられているPCMバッファリングとシグナリングバッファリングは、“イグレス”（マルチ転送モードセルバスからSSIモジュール）時にDS0データバッファ3912からの循環読み出し、“イングレス”（SSIモジュールからマルチ転送モードセルバス）時にDS0データバッファ3912への循環書き込みとして実装されている。

【0377】図46は、本発明の1実施形態に用いられるTDMベースサービス特定モジュールで用いられるパルス符号変調マッピング制御構造メモリを示したものである。パルス符号変調マッピング制御構造メモリ4000（以下、PCMマッピング制御構造メモリ4000と呼ぶ）は、パルス符号変調マッピング制御構造4002（以下、PCMマッピング制御構造4002と呼ぶ）を有する。各PCMマッピング制御構造4002は、マッピング構造アクティブ4004（以下、MPA4004と呼ぶ）と、T1/E1ビット4006と、ラインID

4008と、セルタイプ4010と、PCMタイムスロット番号／オフセット4012と、イングレス読出オフセット4014と、イグレス書込オフセット4016とを有する。

【0378】実際、PCMマッピング制御構造メモリ400は、TDMベースSSIモジュールのTDMセルフォーマッタに接続し、TDMベースSSIモジュールの制御プロセッサ(CPU)により処理される。PCMマッピング制御構造メモリ4000は、TDMセルフォーマッタが生成した各TDMセルのフォーマットを制御するものである。PCMマッピング制御構造メモリ4000は、TDMセルをDS0により送信可能なようにフォーマットするため、また、TDMセルを最小限の遅延で複雑なハードウェアの操作なしに転送可能にするため、PCMマッピング制御構造4002を有している。

【0379】PCMマッピング制御構造メモリ4000は、それが持つPCMマッピング制御構造4002の数を特定しない。PCMマッピング制御構造4002の数は、SSIモジュールとインターフェイスするT1/E1ライン(DS1)の数に依存する。よって、TDM-DS3SSIモジュール(図23)は、 $32 * 32 = 1024$ PCMマッピング制御構造4002(32本のT1/E1ラインのうちの28本は転送用で、4本はテスト用)を必要とし、4つのDS1SSIモジュール(図22)は $32 * 4 = 128$ PCMマッピング制御構造4002を必要とする。

【0380】各PCMマッピング制御構造4002は4バイトで、MPA4004を有している。MPA4004は、PCMマッピング制御構造4002がアクティブか否かを示すための1ビットフィールドである。当該1ビットが“0”的ときは、PCMマッピング制御構造4002がアクティブでないことを示し、TDMセルフォーマッタは、それを無視する。当該ビットが“1”的ときは、PCMマッピング制御構造4002がアクティブであることを示し、PCMマッピング制御構造4002は、マルチ転送モードセルバスに送信するTDMデータセルのパッキングとフォーマットの際に、TDMセルフォーマッタにより用いられる。

【0381】PCMマッピング制御構造4002が持つ、T1/E1ビット4006は、TDMセルフォーマッタに、T1ラインとE1ラインのうち、どのラインとインターフェイスを行うのかを示すためのものである(“0”がT1で“1”がE1)。ラインID4008は5ビットで、マルチ転送モードセルバスの特定のタイムスロットに対し、T1/E1ラインを識別させるためのものである。マルチ転送モードセルバスタイムスロットは与えられたT1/E1ラインに関連付けられているので、他のT1/E1ラインからのDS0は、同じセルバスタイムスロットへ多重化されることはない。

【0382】セルタイプ4010は、特定のPCMマッ

ピング制御構造4002に対応して用いられる特定のセルタイプを示すものである。よって、セルタイプ4010は、TDMセルのデータ部にいくつDS0が多重化されるかを定義する。セルタイプ4010は3ビットフィールドである。セルタイプ4010で定義されるTDMセルはCBデータセル1700のデータセル1704内に配置され、マルチ転送モードセルバスに配置される(図16、図18参照)。図47乃至図49にセルタイプの具体例を示す。

- 10 【0383】PCMタイムスロット番号／オフセット4012は、5ビットのフィールドで、单一DS0モードのPCMタイムスロットの番号と、複数のDS0を单一TDMデータセルに多重化するモードの最初のPCMタイムスロットの番号とのいずれか一方を識別するためのものである。E1ラインに対しては、5ビットフィールドの0乃至31(タイムスロット0乃至31)までの全ての値が有効であるが、T1ラインに対しては、5ビットフィールドの0乃至23(タイムスロット1乃至24)までの値のみが有効である。このようにして、TDMセルフォーマッタは、特定のデータセルタイプから/へPCMデータの読み書きを行うために、メモリ構造4000のどこを見ていればよいかを知ることができる。
- 20 【0384】イングレス読出オフセット4014は、6ビットのフィールドで、マルチ転送モードセルバス上に配置されたイングレスデータフィールドを構成する読出オフセットを特定するためのものである。これは、前述したように、図44および図45のメモリ構造のDS0データバッファ3912は64バイトでTDMセルのデータ部は48バイトであることによる。これにより、メモリポインタは、図44および図45のメモリ構造の3902のDS0データバッファ3912内のどのPCMデータバイト3914を指せばよいかを知る。6ビットフィールドは64PCMデータバイト3914のうちの1つに対応する。同様に、イグレス書込オフセット4016は、6ビットのフィールドで、メモリ構造3902のDS0データバッファ3912内のPCMデータバイトを構成するための書込オフセットを特定するためのものである。これにより、メモリポインタは、DS0データバッファ3912のどのPCMデータバイト3914にPCMデータを書き込めばよいかが知らされる。一連のTDMセルには、マルチ転送モードセルバスへの割当てに基づき、異なるイングレス読出オフセット4014とイグレス書込オフセット4016が割当てられ、次に、エアインターフェイスペースト割当てに基づき割り当てられることが順番に行われる。
- 30 【0385】CASのようなシグナリングは、それに対応するPCMデータがDS0データバイト3914から読み/書きされると同時に、DS0シグナリングバイト3920に読み/書きされる。
- 40 【0386】図47に示すセルフォーマットは、单一D
- 50 【0387】セルタイプ4010は、单一D

S0 (デジタル信号レベルゼロ) からのパルス符号変調 (PCM) データとシグナリングとを図44乃至図46に示した実施形態に係るTDMセルにパックするTDMベースサービス特定インターフェイスモジュールのTDMバッファリングに用いるTDMセルのセルフォーマットを示している。TDMベースSSIモジュールは、図22、23、28、29に示されている。TDMセル4100は、ヘッダ部4102（オーバヘッドとも呼ぶ）とデータ部4104（図33のデータ部2904と同じ）を有する。ヘッダ部4102は、偶数仮想バス識別子4106（以下、evenVPIと呼ぶ）と奇数仮想バス識別子4108（以下、oddVPIと呼ぶ）とスペア部4110とを有する。evenVPI4106とoddVPI4108とが一緒になって、図33に示した前述したようなATMアドレスフィルタリングに用いられる、ATM VPI2906を構成する。ヘッダ部4102は、さらに、1つのDS0からの4ビットのシグナリング(CAS)であるシグナリングセット4105を有する。

【0387】実際、TDMセル4100は、図46のPCMマッピング制御構造4002のセルタイプ4010で定義されるセルタイプの1つである。イングレス時、TDMセルフォーマットは、特定のDS0のDS0データバイト3914から48バイトのPCMデータをデータ部4104にパックし、特定のDS0のDS0シグナリングバイト3920から3バイトのシグナリングをTDMセル4100のシグナリングセット4105にパックする。逆に、イグレス時には、TDMセルフォーマットは、PCMデータとシグナリングをTDMセル4100からアンパックして、それぞれのDS0に対する、正しいDS0データバイト3014とDS0シグナリングデータバイト3920に書き込む。TDMデータセル4100は、そのようにフォーマットされると、CBデータトラヒックセル（図18）内のマルチ転送モードセルバス（図16乃至図18参照）上にコピーされる。

【0388】従来技術のTDMセルでは、シグナリングとPCMデータとは別個のTDMパケットを用いていたが、ここでは、シグナリングとPCMデータが共にTDMセル4100にユニークにパックされている点に注意すべきである。また、従来技術のTDMパケットでは、ヘッダ情報ではなく、そのタイムスロットがどこに位置しているかによって転送されていたのでヘッダ部を持っていなかったのに対し、TDMセル4100はユニークなヘッダ部4102を有している。さらに、TDMセル4100は、前述したATMフィルタリング技術を用いるATMヘッダ、すなわち、oddVPI4108とevenVPI4106というVPIをユニークに有している。

【0389】例えば、6m秒のエアフレームに基づき、TDMセル4100は、1つのDS0からの48バイト

のPCMデータをTDMセル4100にパッキングするのに、6m秒（すなわち、6m秒のバスフレームフォーマットの長さ）のバッファリング遅延を生ずる。ヘッダ部4102は、（図44、図45に示したメモリ構造のDS0データバッファ3912から取られる）48バイトのPCMサンプルに対応する6つのシグナリングデータセット4105、すなわち、3バイトのシグナリング（図44、図45に示したメモリ構造のDS0シグナリングバッファ3918からのCASを含む）を有する。

10 TDMセル4100は、構造化DS0のためにだけ用いられる。構造化DS0と非構造化DS0はデジタル通信の分野では周知であるので、これ以上の説明は省略する。

【0390】図48に示セルフォーマットは、単一DS0 (デジタル信号レベルゼロ) からのパルス符号変調 (PCM) データとシグナリングとを図44乃至図46に示した実施形態に係るTDMセルにパックするTDMベースサービス特定インターフェイスモジュールのTDMバッファリングに用いるTDMセルのセルフォーマットを示している。TDMセル4200は、evenVPI4206と、oddVPI4208と、DS0#1シグナリングセット4216と、DS0#2シグナリングセット4218と、DS0シグナリングセット4222と、DS0#nシグナリングセット4220とを有するヘッダ部4202を有する。また、TDMセル4200は、DS0#1データ部4210と、DS0#2データ部4212と、DS0#nデータ部4214を有するデータ部4204を有する。

【0391】実際、TDMセル4200は、複数のDS30からのPCMデータとシグナリングを同じデータ部4204に挿入して運ぶことのできるTDMセルを一般的に示したものである。これは、1つのDS0からのPCMデータを单一TDMセルあるいはパケットにパックする従来技術のTDMセルあるいはパケットとは異なるものである。上記したように、PCMデータとシグナリングとを同じTDMセル4200にパックする従来技術のTDMセルとも異なる。図47のTDMセル4100は、1つのみのDS0からのPCMデータとシグナリングを運ぶという点を除いては、TDMセル4200は、

30 図47とほとんど同様である。また、TDMセル4200は図46に示したPCMマッピング制御構造4002のセルタイプ4010により定義されるいくつもの異なるTDMセルタイプにも当てはまるものである。TDMセルフォーマットは、マルチ転送モードセルバス上の各タイムスロットに対し、どのTDMセルタイプを用いてフォーマットするかを決定するためにPCMマッピング制御構造を用いる。

【0392】TDMベースSSIモジュールは、TDMデータセルを図47乃至図49に示す適用可能なフォーマットのうちの1つにフォーマットするよう構成されて

いる。これは、特定のDSOで特定のタイプのトラヒックを運ぶときの遅延を最小限に抑える。本実施形態では、TDMデータセルはたいへい小さいサイズ（すなわち、53バイト）に制限されるため、異なる複数のセルタイプを生成することは重要なことである。従来技術のTDMベース1対多通信システムでは、TDMセルあるいはパケットは53バイトより大きく、通常150乃至400バイトに設計されていたので、このような遅延は生じなかった。

【0393】TDMセル4200は、複数のDSOからのPCMデータをデータ部4204に挿入して運ぶ。PCMデータは、DSO#1乃至DSO#nに対応するDSO#データ部4210からDSO#nデータ部4214にパックされる。例えば、2つのDSOからのデータをTDMセル4200にパックする場合、2つのDSOデータ部、すなわち、DSO#1からの24バイトPCMデータが挿入されるDSO#1データ部4210と、DSO#2からの24バイトPCMデータを挿入するDSO#2データ部4212とを用いる。対応するヘッダ部4202は各DSO毎の複数のシグナリングセットが挿入される。例えば、ここでは、3つのDSO#1シグナリングセット4216と3つのDSO#2シグナリングセット4218がある。スペア部はヘッダ部4202にある予備バイトである。スペア部は、TDMセル4200のヘッダ部4202が5バイトとなるよう、ヘッダ部4202を満たすのに必要なときに用いられる。

【0394】再度、6m秒のフレームフォーマットの例を用いて説明すると、セルフォーマッタは、2つのDSOからのPCMデータとシグナリングをTDMセル4200にパックするのに、3.0m秒の時間間隔を要する。よって、この例では、バッファリング遅延は、図47の場合6m秒かかったのが、3m秒に抑えられている。なお、この例では、TDMセル4200で3m秒のPCMデータが運ばれているので、同じ6m秒フレームの間に2つのTDMセル4200が送信されるという特徴がある。これは、同じ6m秒フレームの間に同じ量のPCMデータを運ぶことができるとともに、各TDMセル4200からのバッファリング遅延を低減できるという利点がある。これは、特定トラヒックの遅延を最小限に抑えるために有効である。

【0395】図48に示すセルタイプの他の例は、8つのDSOからのPCMデータとシグナリングの両方をパックするTDMセル4200を示したものである。この場合、データ部4204には、DSO#1データ部4210からDSO#8データ部4214までの8つのDSOデータ部を有する。各DSOデータ部（例えば、DSO#1データ部4210）は、6バイトのPCMデータ（PCMサンプルとも呼ぶ）を有する。このため、PCMデータとシグナリングをTDMセル4200から/へパック/アンパックする際のバッファリング遅延をほん

の0.75m秒にすることができる。この例では、ヘッダ部4202は、evenVPI4206と、oddVPI4208と、各DSOに1つづつで計8つのシグナリングセット（すなわち、DSO#1シグナリングセット4216、DSO#2シグナリングセット4218、DSO#3-7シグナリングセット4222、DSO#8シグナリングセット4214）とを有する。この例では、シグナリングセットでヘッダ部4202の利用可能なスペースを全て埋め尽くしてしまうため、スペア部はない。さらに、この例では、1つのTDMセル4200で0.75m秒のPCMデータが運ばれるので、8DSOからのPCMデータを運ぶのに、6m秒フレームの間に8つのTDMセル4200が割り当てられる。

【0396】よって、TDMセル4200は、複数のDSOからのPCMデータとシグナリングを運ぶよう構成されているが、データ部4204とヘッダ部4202の構成がわずかに異なる。これは、特定のトラヒックタイプの遅延を最小限に抑るために、バッファリング遅延を小さくすることができるという利点がある。ここに示した2つの例（すなわち、2つのDSOと8つのDSO）は、単に概念を説明するためのものなので、当業者であれば、TDMセル4200に上記した例とは異なる数のDSOを異なるバッファリング遅延でパックするよう実装することができよう。なお、TDMセル4200にパックされるDSOは構造化および非構造化のいずれであってもよい。

【0397】図49に示すセルフォーマットは、図44乃至図46に示した実施形態に係る埋め込みフレーム同期に従って複数のDSOをパックするTDMベースサービス特定インターフェイスモジュールにおいて、TDMバッファリングに用いるTDMセルのセルフォーマットを示している。TDMセル4300は、25のDSO4312をサポートする50バイトの長さのデータ部4304を有する。各DSO4312はPCMデータ（0.25m秒時間幅）の2サンプル（2フレーム）を持つ。TDMセル4300は、24のDSO4312に対し、小さい遅延サービスを提供するものである。25番目のDSO4314は、埋め込みフレーム同期（ラインエミュレーション）G.802を有する。TDMセル4300のバッファリング遅延は、0.25m秒まで低減されている。25番目のDSO4314は、埋め込みフレーム同期のためのもので、ヘッダ部4302にはいかなるシグナリングも必要ない。よって、ヘッダ部4302は、evenVPI4306とoddVPI4308とスペア部4310との3バイトを有するだけである。

【0398】このようにして、TDMセル4100、4200、4300として示した異なるタイプのTDMセルが、TDMベースSS1モジュールのTDMセルフォーマッタにより生成される。これにより、1または複数のDSOからのTDMデータとそれに対応するシグナリ

ングとを様々な手段を講じてマルチ転送モードセルバスへ多重することができる。これも、単一DS0を1つのTDMセルに多重化するだけの従来技術とは異なる点である。

【0399】図50は、1対多通信システムのTDMベースSSIモジュールで実行される、図44乃至図49に示したTDMバッファリングについて説明するためのフローチャートである。図50(A)は、ハブ端末と遠隔端末のいずれかにおいて、転送ライン(例えば、T1/E1あるいはDS3)を通してTDMベースSSIモジュールに入力し、マルチ転送モードセルバス上に多重されるトラヒックに対し実行される処理ステップを示している。図50(B)は、マルチ転送モードセルバスからTDMベースSSIモジュールで受信され、TDMベースSSIモジュールが遠隔端末にあるかハブ端末にあるかによって、加入者あるいはバックホールのいずれかにスイッチングされるトラヒックに対し実行される処理ステップを示している。

【0400】T1ラインからTDMベースSSIモジュールを通して1対多通信システムのマルチ転送モードセルバスへのトラヒックフローに対し、TDMベースSSIモジュールは次に示すようなステップを実行する。最初のステップでは、フレーム同期が除かれ、T1ラインから受信されたDS0をシリアルフォーマットからパラレルフォーマットへ変換し、PCMデータとシグナリングデータ(例えばCAS)が再生成される(図50(A)のステップS4402)。このステップは、図22、23、28、29に示したようなPCMインターフェイス、例えばPCMバッファ制御装置2516により実行される。これにより、シグナリングデータは受信されたDS0のPCMデータから分離される。次に、PCMデータ(PCMサンプル)とシグナリングは、メモリ構造を用いてバッファリングされる(図50(A)のステップ4404)。このメモリ構造は、図44を参照して説明したもので、TDMベースSSIモジュールのそれぞれに実装されている。

【0401】次に、PCMデータとシグナリングをマルチ転送モードセルバスに合わせてフォーマットするのに備えて、TDM競るフォーマッタは、マルチ転送モードセルバスの各タイムスロットに対する正確なPCMマッピング制御構造を獲得する(図50(A)のステップ4406)。図46に示したように、PCMマッピング制御構造はPCMマッピング制御構造メモリが有し、通常、TDMセルフォーマッタに接続するメッセージバッファ、例えば、図28に示したようなメッセージバッファ2508が有する。そして、TDMセルフォーマッタは、PCMマッピング制御構造を用いて、マルチ転送モードセルバスの各タイムスロットに対しフォーマットされるTDMセルのセルタイプを決定する(図50(A)のステップ4408)。セルタイプの具体例は図47乃

至図49に示している。

【0402】次に、PCMデータとシグナリングとを決定されたセルタイプにパッキングすることでTDMセルのフォーマットを行う(図50のステップ4410)。また、PCMマッピング制御構造は、TDMセルフォーマッタがTDMセルの適正な位置に適正なPCMデータとシグナリングを挿入できるようにするために、TDMフォーマッタに図44、45に示したメモリ構造の中の正確なオフセットを与える。さらに、ATMアドレスフィルタリングのために、ATMヘッダ、すなわち、VPIをヘッダ部内の適正な位置に挿入する(図50(A)のステップ4412)。ここで、PCMデータとシグナリングは共に同じTDMセル内にパックされるとともに、複数のDS0からのPCMデータとシグナリングも同じTDMセルにパックされていることに特徴がある。これも従来技術のTDMバッファリング技術とは異なる点である。最後に、以上のようにしてフォーマットされたTDMセルは、メッセージバッファが有するタイムプランを用いて、マルチ転送モードセルバス上(のトラヒックセル1700のデータ部1704)に多重化される(図50(A)のステップ44414)。

【0403】1対多通信システムのマルチ転送モードセルバスからTDMベースSSIモジュールを通して加入者あるいはバックホールのT1ラインへのトラヒックフローに対し、TDMバッファリングは次に示すようなステップを実行する。ATMセルおよびTDMセルは共にマルチ転送モードセルバスに到着する。まず、TDMセルフォーマッタはタイムプランを用いて適正なセル、すなわち、特定のTDMベースSSIモジュールに向かうTDMセルのみを抽出する(図50(B)のステップ4416)。そして、TDMセルフォーマッタは、PCMマッピング制御構造にアクセスして、抽出された各TDMセルに、それぞれに対応するセルタイプを決定する(図50(B)のステップ4418)。

【0404】セルタイプが決定されると、TDMセルフォーマッタは受信したTDMセルからPCMデータとシグナリングをアンパックしたら、それらを図44、45に示したようなメモリ構造にバッファリングする(図50のステップ4420)。PCMマッピング制御構造はメモリ構造の適正なオフセットを与えるもので、これにより、TDMセルフォーマッタは、メモリ構造内のどのデータバイト3914あるいはシグナリングバイト3920に、各DS0のPCMデータとシグナリングを書き込むかを知ることができる。次に、適正な時間に、PCMインターフェイス(例えば、PCMバッファ制御装置2516)はメモリ構造からPCMデータとシグナリングを抽出し、それらを元のシリアルDS0フォームに変換する(図50(B)のステップ4424)。最後に、DS0は、送信のためのフレームに組立てられて、適正なT1ラインの適正なDS0を通して送信される(図5

0 (B) のステップ4426)。

【0405】以上は、本発明を開示するために、その具体例と応用例を用いて説明したものであるが、特許請求の範囲に開示した本発明を用いれば、当業者であれば上記以外に種々の変形が可能である。

【画面の簡単な説明】

【図1】図1は、本発明の1実施形態による、1対多マイクロ波無線システムアーキテクチャの図である。

【図2】図2は、図1に示された1対多マイクロ波無線システムの実施形態のネットワーク構成要素のブロック図である。

【図3】図3は、マルチ変調モードをサポートする複数のチャネルによる周波数再使用を示している図2に示された1対多システムの実施形態において使用されたチャネル化の図である。

【図4】図4は、図2の1対多システムにより使用されるTDMAスーパーフレームエアインターフェイスフォーマットの図である。

【図5】図5は、図4のスーパーフレームフォーマットの単一フレームに対するエアインターフェイスフレームフォーマットの図である。

【図6】図6は、本発明の1実施形態による分割プリアンブルを示す図5のエアインターフェイスフレームフォーマットにおいて使用するためにフォーマット化されたトラヒックバーストの図である。

【図7】図7は、図6に示されたトラヒックバーストのデータ部分の一部である、Quadバーストおよび单一バーストをそれぞれ示す図である。

【図8】図8は、図5のエアインターフェイスフレームフォーマットのオーバーヘッド部分の図である。

【図9】図9は、取り付けられたサービス特定インターフェイスモジュールを備える図2に示されたマルチモード遠隔端末の機能ブロック図である。

【図10】図10は、図2のマルチモードハブ端末から送られたタイミングを再生するために図9のマルチモード遠隔端末において使用されるタイミング再生システムの機能ブロック図である。

【図11】図11は、図9のマルチモード遠隔端末または図15のマルチモードハブ端末において使用されるマルチ変調モデムASICの機能ブロック図である。

【図12】図12は、図9のマルチモード遠隔端末または図15のマルチモードハブ端末において使用されるマルチ変調モデムASICの機能ブロック図である。

【図13】図13は、図11および図12のマルチ変調モデムにおいて行われ、図6に示される分割プリアンブル特徴を使用するパラメータ評価器の機能ブロック図である。

【図14】図14は、マルチモードハブ端末と送信装置とを含む図2に示された実施形態のハブサイトのブロック図である。

【図15】図15は、取り付けられたサービス特定インターフェイスモジュールを備えた図2および図14に示されているマルチモードハブ端末の機能ブロック図である。

【図16】図16は、マルチ転送モードセルバスの1実施形態により使用されるマルチ転送モードセルバスフレームフォーマットと、これが図5のエアインターフェイスフレームフォーマットとどのように関係するかを示す図である。

10 【図17】図17は、図16のマルチ転送モードセルバスで送信されるインターモジュール通信セルフォーマットを示す図である。

【図18】図18は、図16のマルチ転送モードセルバスで送信されるセルバスデータセルフォーマットの図である。

【図19】図19は、図16のマルチ転送モードセルバスのタイミング図である。

【図20】図20は、図16のマルチ転送モードセルバスのタイミング図である。

20 【図21】図21は、図2に示される実施形態に対する、通信によりマルチモードハブ端末の屋内装置とマルチモード遠隔端末の屋内装置との間でデータ転送のために行われるステップを示すフローチャートである。

【図22】図22は、図2の1対多システムの実施形態において使用されるQuad DS1/AAL1サービス特定インターフェイスモジュールのブロック図である。

30 【図23】図23は、図2の1対多システムの実施形態において使用されるTDM DS3サービス特定インターフェイスモジュールのブロック図である。

【図24】図24は、図2の1対多システムの実施形態において使用されるTDM DS3サービス特定インターフェイスモジュールのブロック図である。

【図25】図25は、図2の1対多システムの実施形態において使用されるATM OC3cサービス特定インターフェイスモジュールのブロック図である。

【図26】図26は、図2の1対多システムの実施形態において使用されるDS3トランスペアレントサービス特定インターフェイスモジュールのブロック図である。

40 【図27】図27は、図26の実施形態におけるDS3トランスペアレントSS1モジュールによりフォーマット化されたデータセルの図である。

【図28】図28は、図2の1対多システムの実施形態において使用される、8つのT1ポートを有するマルチ転送モードサービス特定インターフェイスモジュールの機能ブロック図である。

【図29】図29は、図2の1対多システムの実施形態において使用される、4つのT1ポートと4つのLANポートとを有するマルチ転送モードサービス特定インターフェイスモジュールの機能ブロック図である。

【図30】図30は、ATMアドレスフィルタリング技術と共に要求割当多元接続(DAMA)技術を示している図2の1対多システムのマルチ変調環境に対応して構成された、図18のATM OC3c SSIモジュールに使用されるATMスイッチの図である。

【図31】図31は、図30に示されたATMアドレスフィルタリング技術と共に要求割当多元接続技術を示すフローチャートである。

【図32】図32は、標準的なATMセルの構造の図である。

【図33】図33は、ATM特定ヘッダとシグナリングデータとを含むヘッダ部分と、1対多システムの1実施形態により使用されるパルス符号変調データを含むデータ部分とを含むようにフォーマット化されたTDMセルの構造の図である。

【図34】図34は、混合された転送モードソースから受け取った図32のATMセルと図33のTDMセルとをフィルタリングするために、サービス特定インターフェイスモジュールにより行われるATMアドレスフィルタリング技術の図である。

【図35】図35は、図34に示されたATMアドレスフィルタリング技術の1変形において行われるステップを示すフローチャートである。

【図36】図36は、図34に示されたATMアドレスフィルタリング技術の1変形において行われるステップを示すフローチャートである。

【図37】図37は、図9のマルチモード遠隔端末の屋内装置に結合された拡張屋内装置のブロック図である。

【図38】図38は、図9のマルチモード遠隔端末の屋内装置と、図37の拡張屋内装置とを、拡張ファイバリンクを介して結合するために使用されるファイバ拡張モジュールの機能ブロック図である。

【図39】図39は、図9のマルチモード遠隔端末の屋内装置から図37の拡張屋内装置へのデータ転送に伴う遅延を示すタイミング図である。

【図40】図40は、帯域をチャネル状態に基づき動的に変更する、図2の1対多システムの1実施形態において使用される要求割当多元接続(DAMA)技術を示す図である。

【図41】図41は、図28および図29に示された要求割当多元接続技術で行われるステップを示すフローチャートである。

【図42】図42は、図2の1対多システムの1実施態

様におけるハブサイトで使用される、1:N冗長システムを示すブロック図である。

【図43】図43は、図2の1対多システムの1:N冗長実施態様において、図37に示されるバックアップハブ端末がオンラインハブ端末の故障を検知するために行われるステップを示すフローチャートである。

【図44】図44は、本発明の1実施形態において、図22, 23, 24, 28および29に示されたTDMベースサービス特定インターフェイスモジュール内で使用される、パルス符号変調(PCM)データとシグナリングとをバッファリングするメモリ構造である。

【図45】図45は、本発明の1実施形態において、図22, 23, 24, 28および29に示されたTDMベースサービス特定インターフェイスモジュール内で使用される、パルス符号変調(PCM)データとシグナリングとをバッファリングするメモリ構造である。

【図46】図46は、本発明の1実施形態に用いられるTDMベースサービス特定インターフェイスモジュールにおけるTDMバッファリングのために、図44および図45のメモリ構造と共に使用されるべきパルス符号変調マッピング制御構造メモリである。

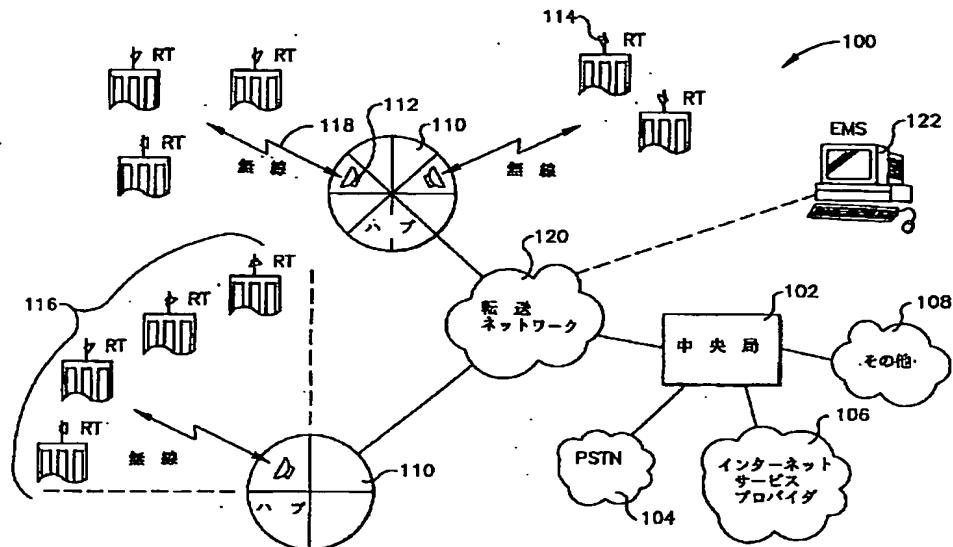
【図47】図47は、図44乃至図46に示した実施形態にしたがって、单一DS0からのパルス符号変調(PCM)データとシグナリングとをTDMセルにパックするために、TDMベースサービス特定インターフェイスモジュールでのTDMバッファリングに使用されるTDMセルのセルフォーマットである。

【図48】図48は、図44乃至図46に示した実施形態にしたがって、複数のDS0からのパルス符号変調(PCM)データとシグナリングとを单一TDMセルにパックするために、TDMベースサービス特定インターフェイスモジュールでのTDMバッファリングに使用されるTDMセルのセルフォーマットである。

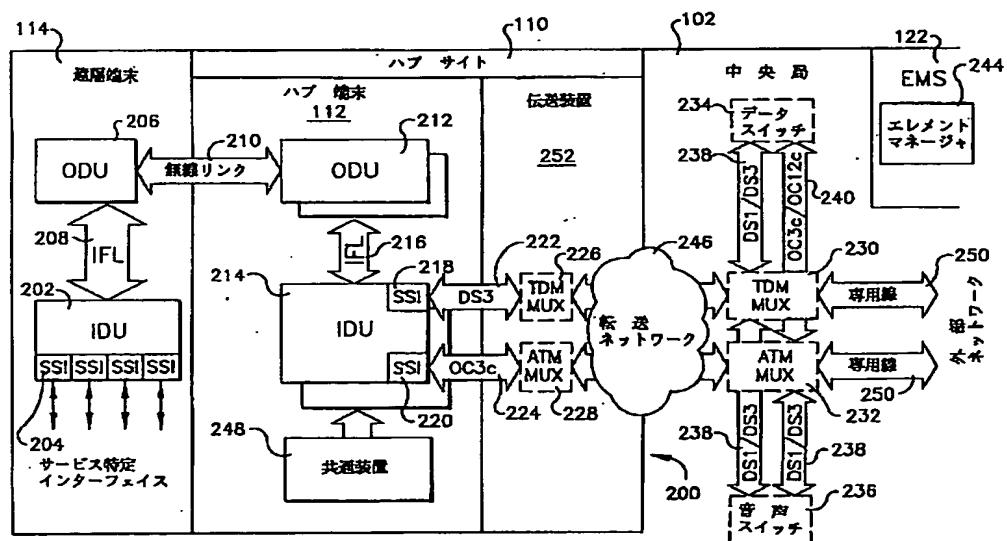
【図49】図49は、図44乃至図46に示した実施形態にしたがって埋め込みフレーミングで複数のDS0をパックするために、TDMベースサービス特定インターフェイスモジュールでのTDMバッファリングに使用されるTDMセルのセルフォーマットである。

【図50】図50は、TDMベースサービス特定インターフェイスモジュールの内外におけるトラヒック流に対して1対多システムのTDMベースSSIモジュールで行われる、図44乃至図49に示されるTDMバッファリングを示すフローチャートである。

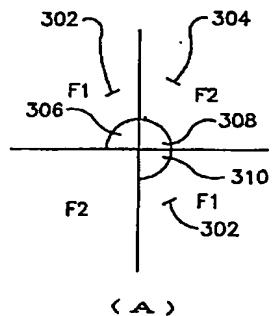
【図1】



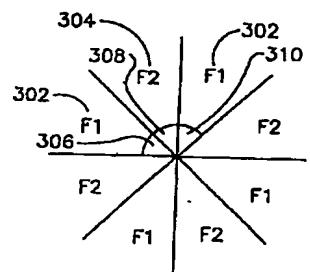
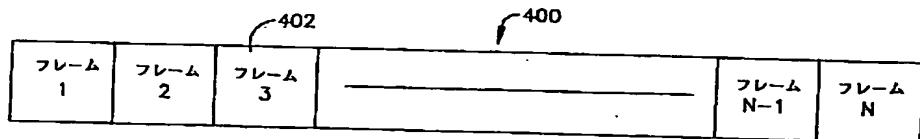
【図2】



【図3】

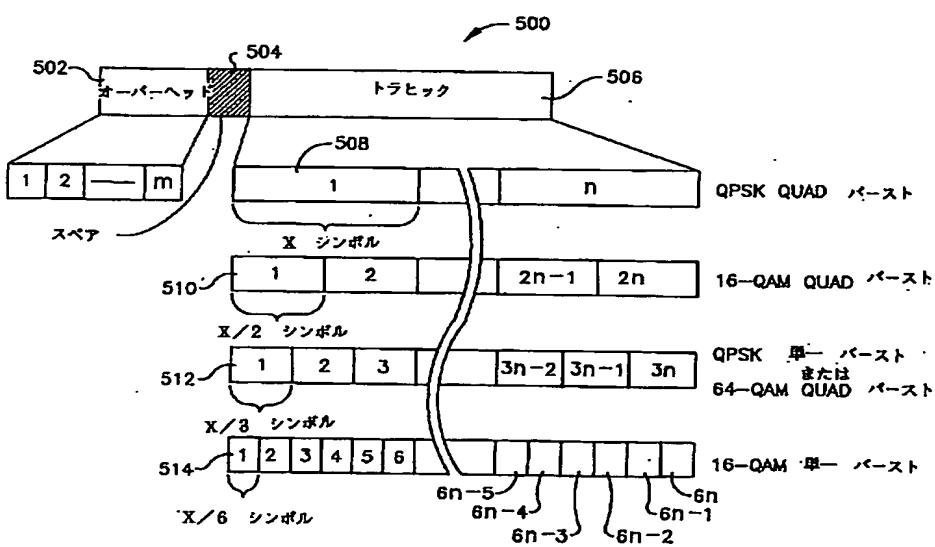


【図4】

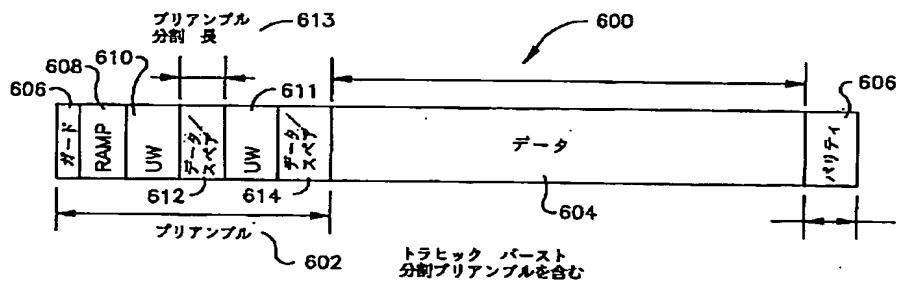


(B)

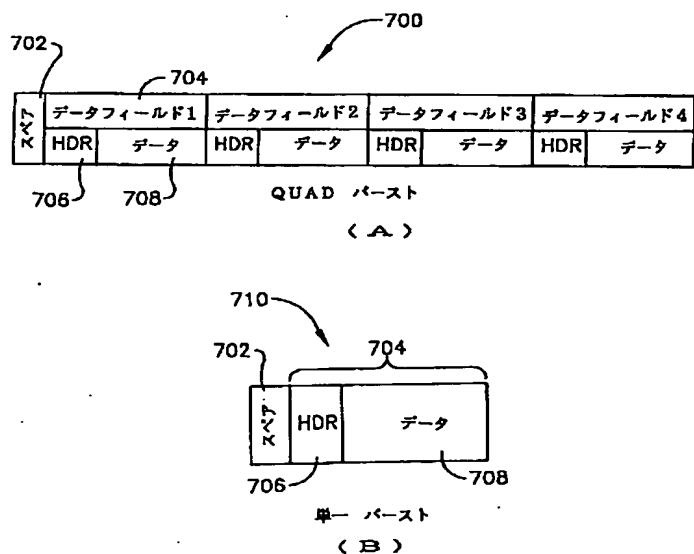
【図5】



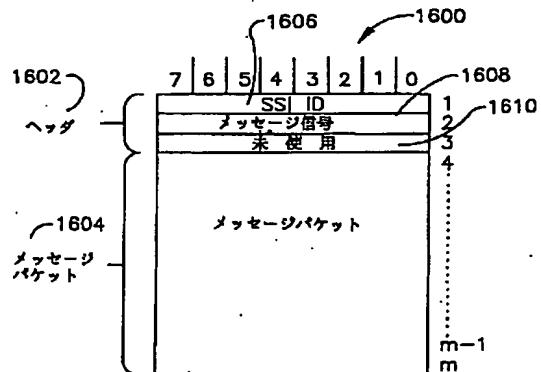
【図6】



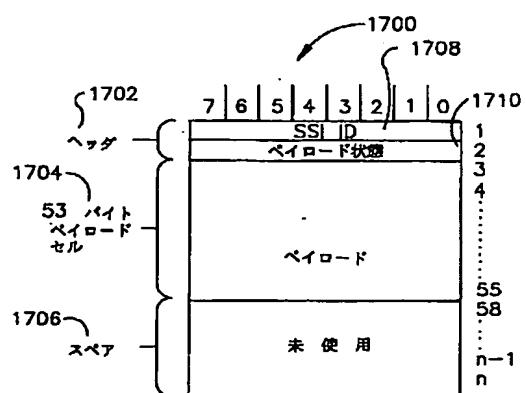
【図7】



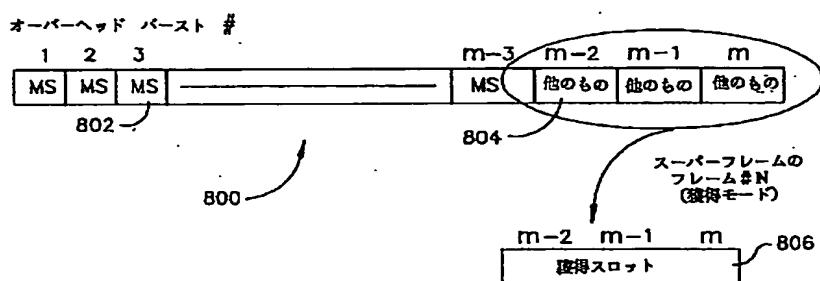
【図17】



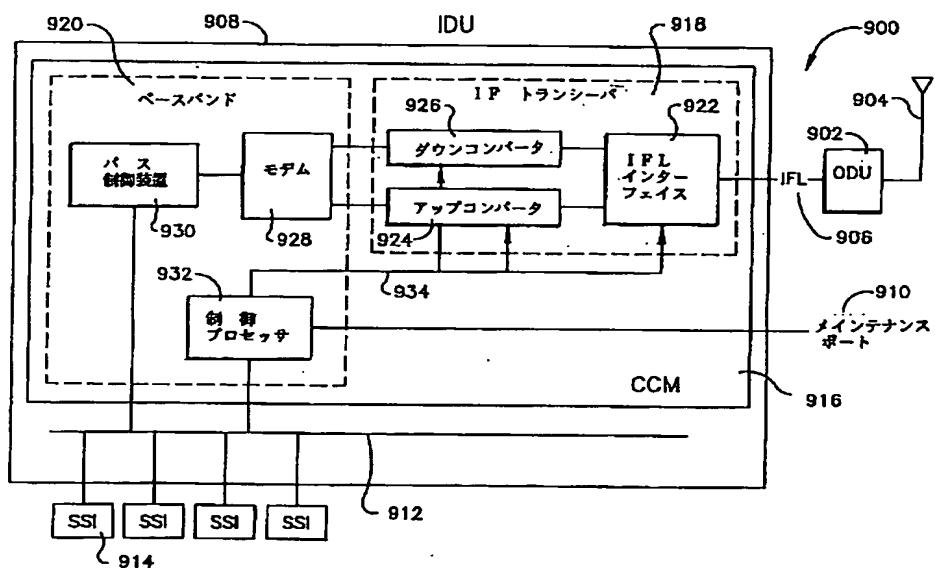
【図18】



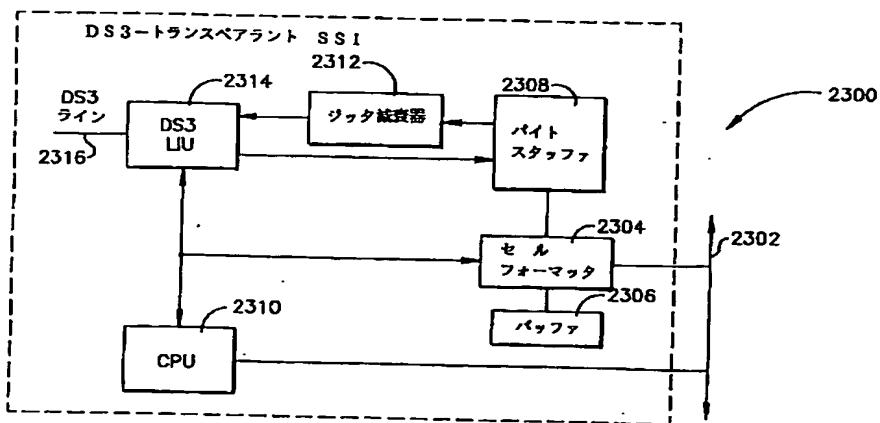
【図8】



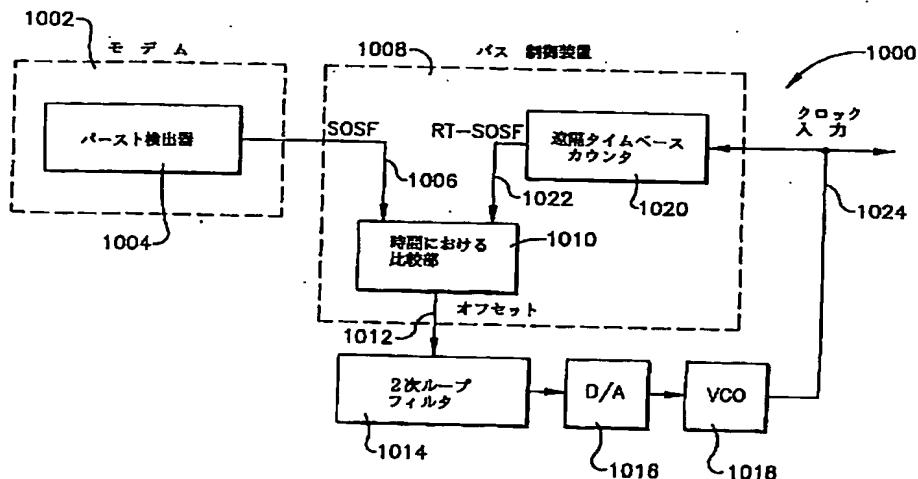
【図9】



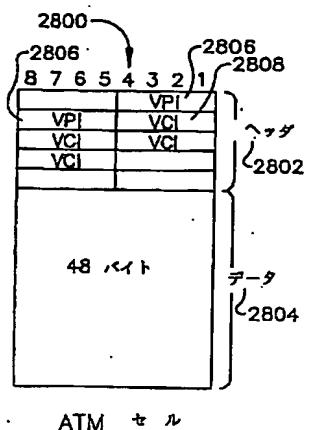
【図26】



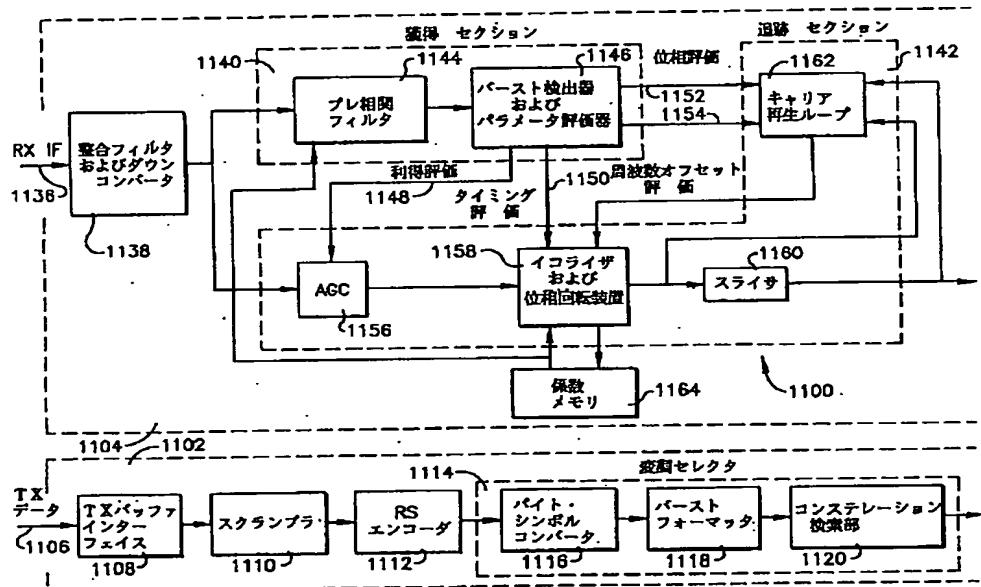
【図10】



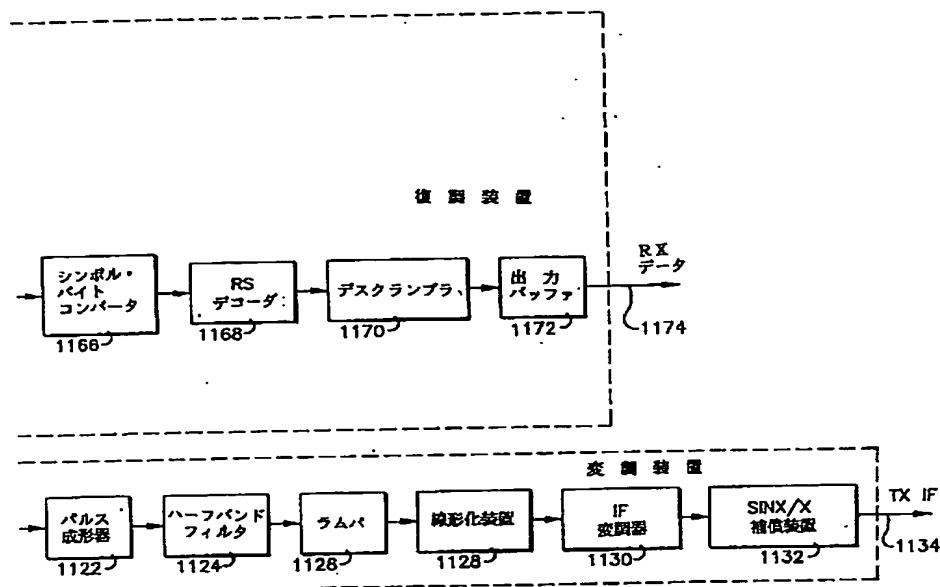
【図32】



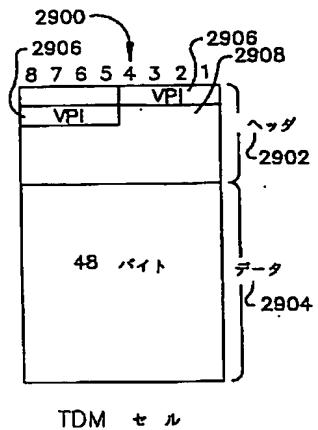
【図11】



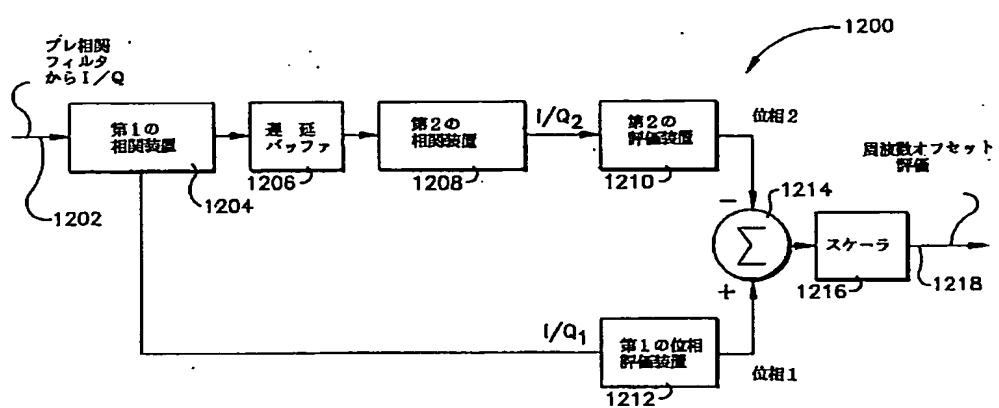
【図12】



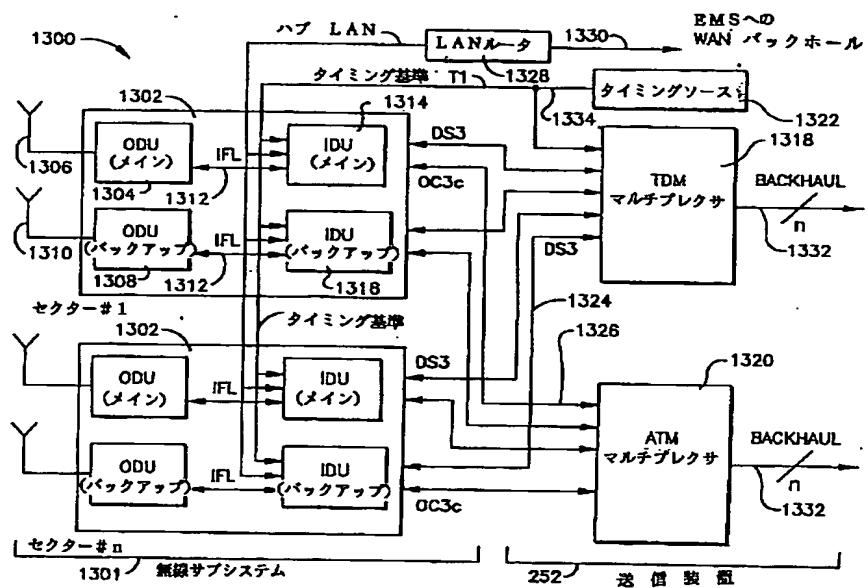
【図33】



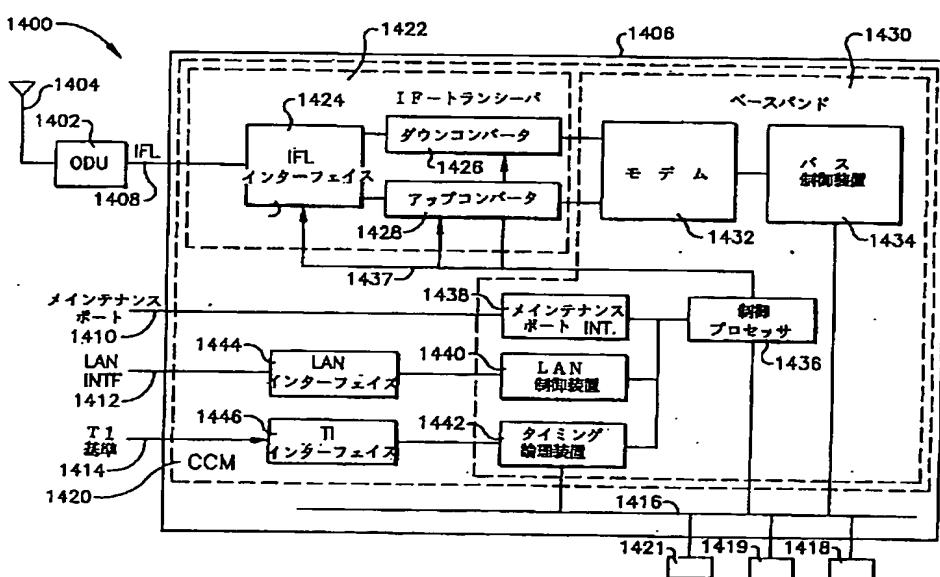
【図13】



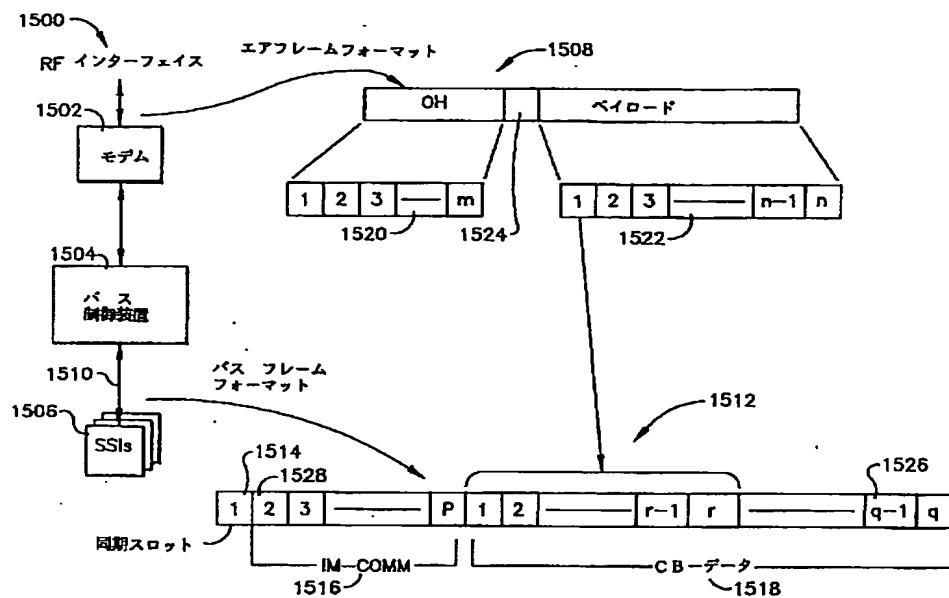
[图 14]



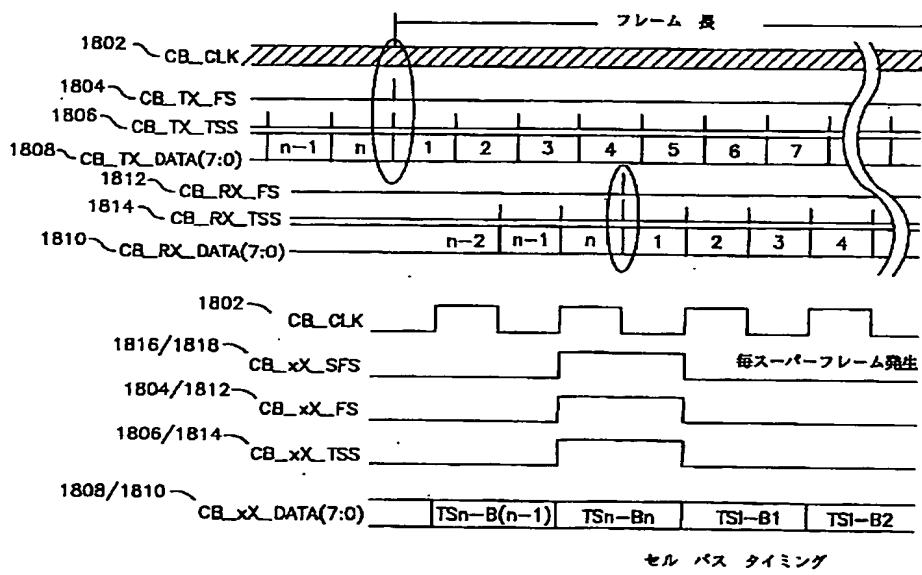
[図15]



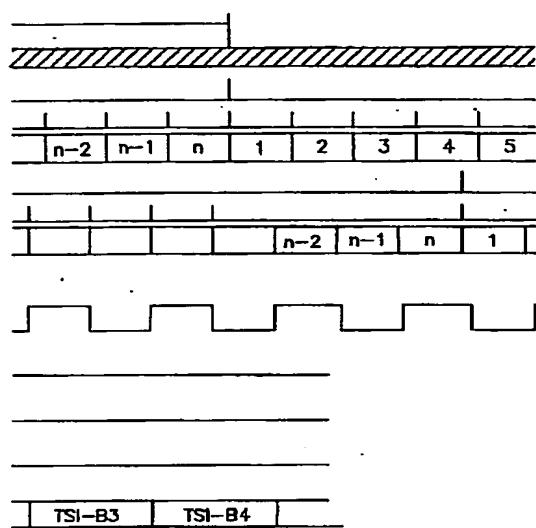
【図16】



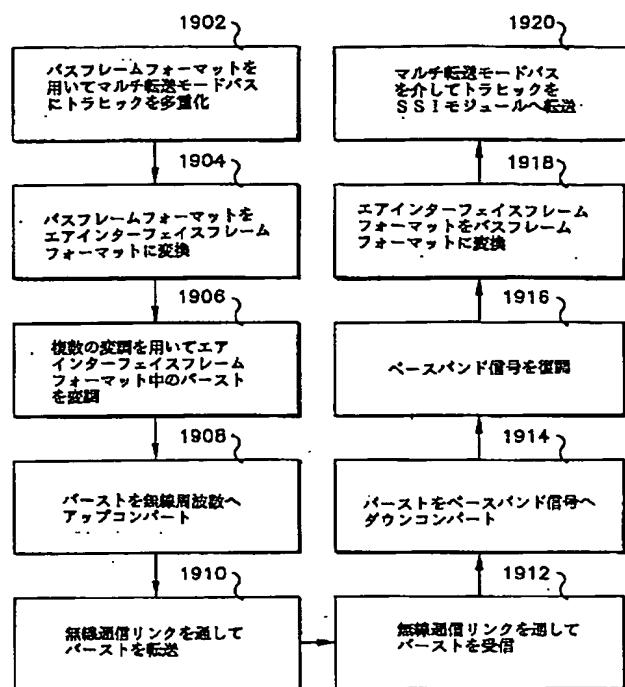
【図19】



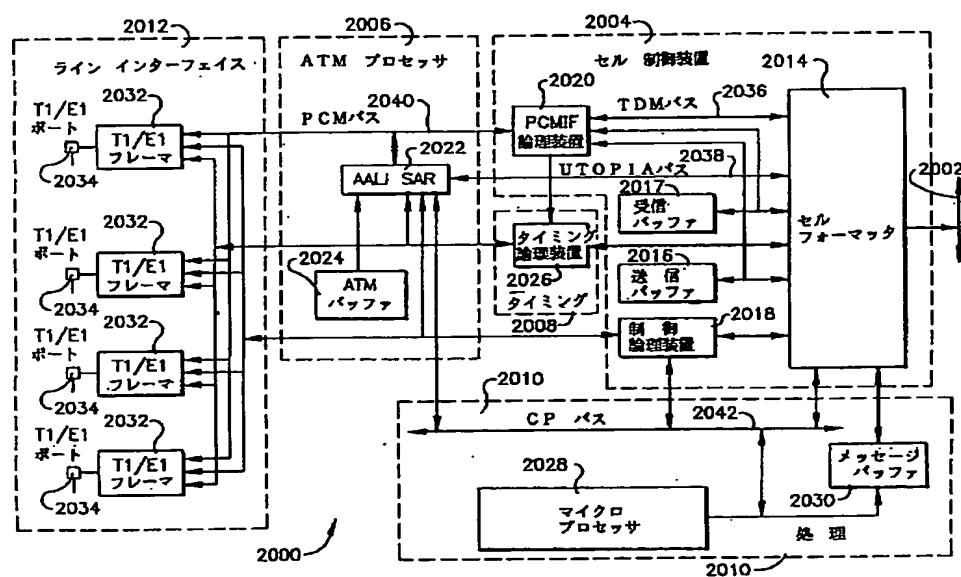
【図20】



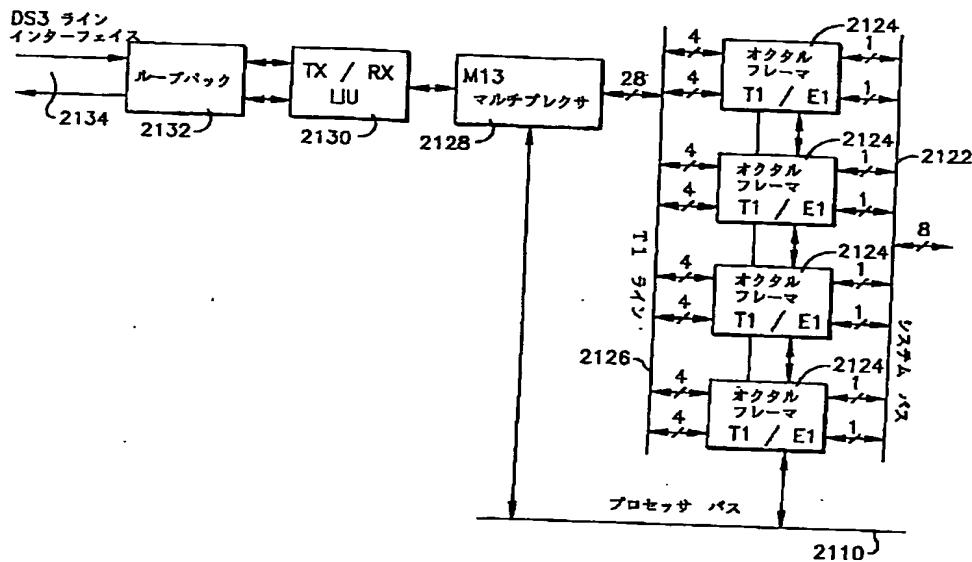
【図21】



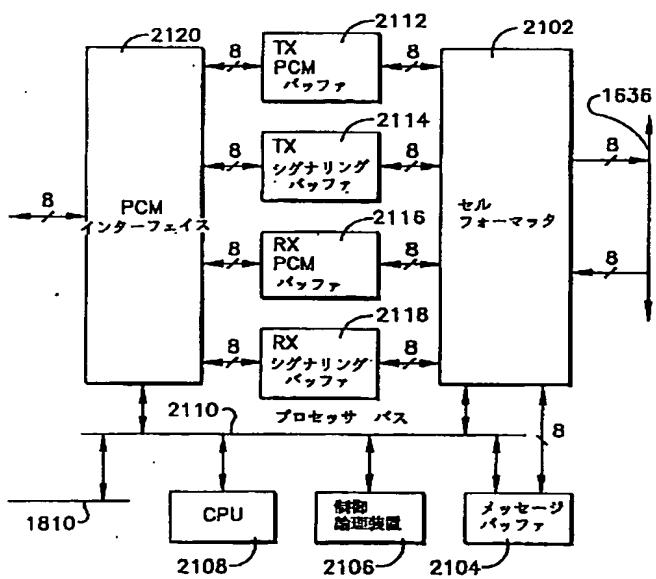
【図22】



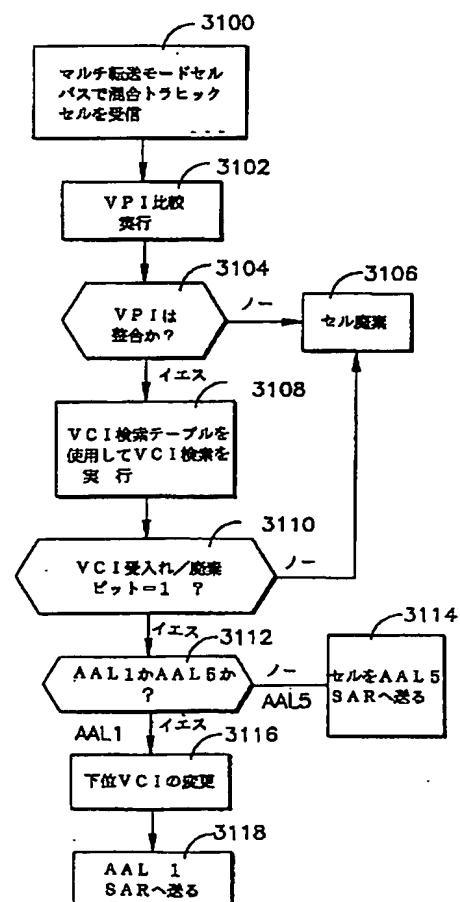
【図23】



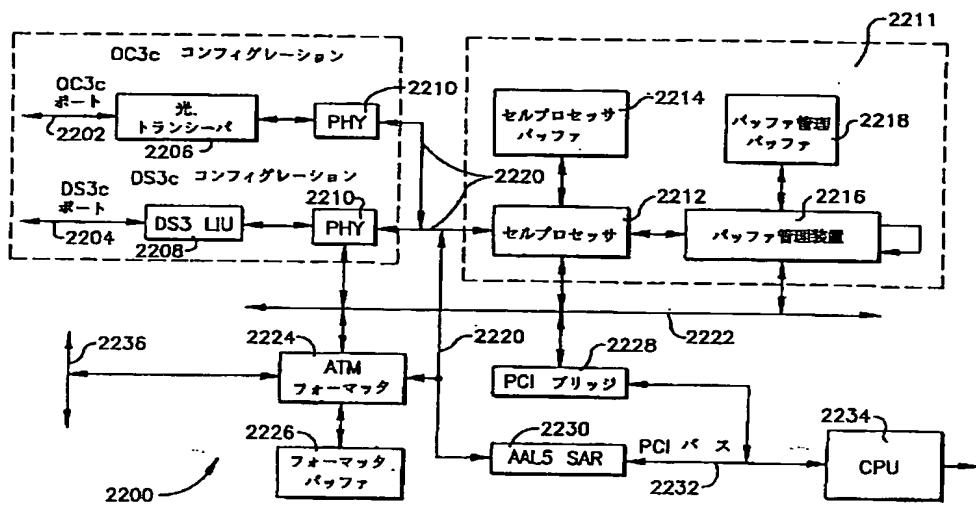
【図24】



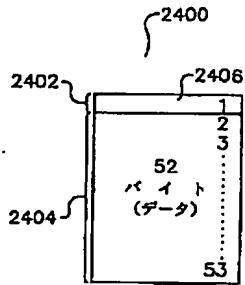
【図35】



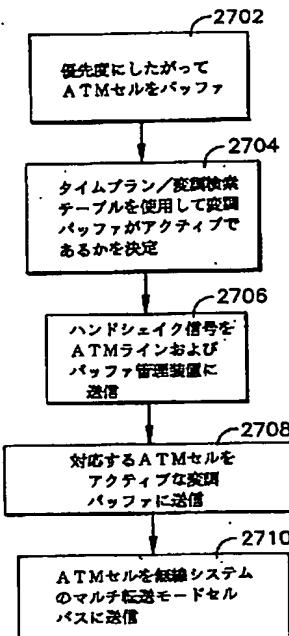
【図25】



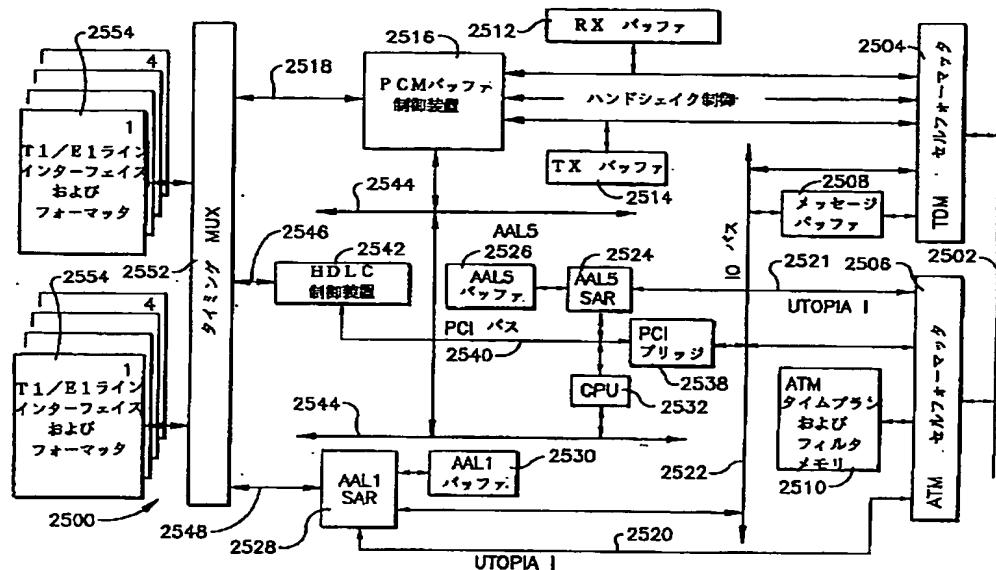
【図27】



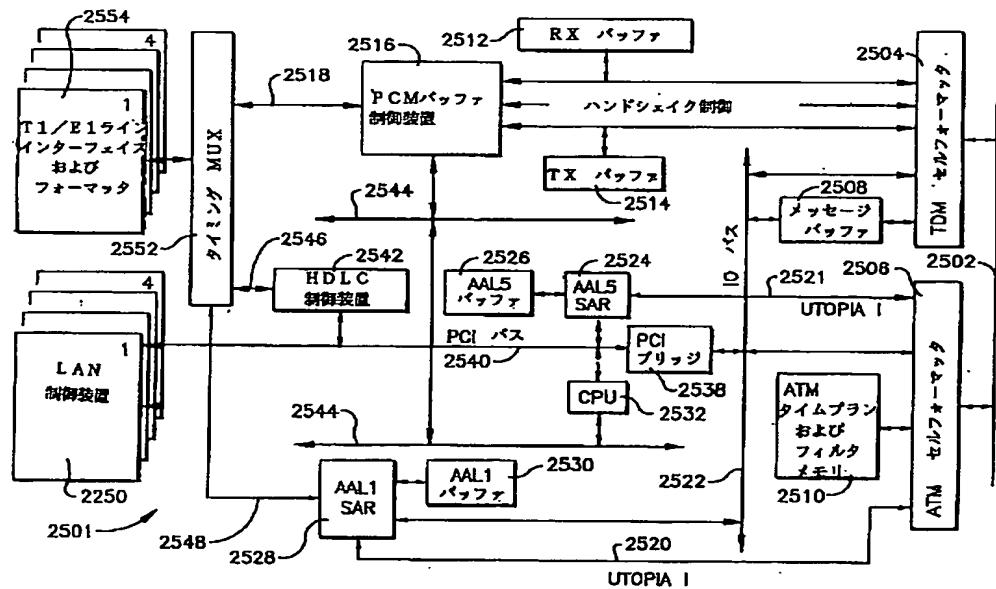
【図31】



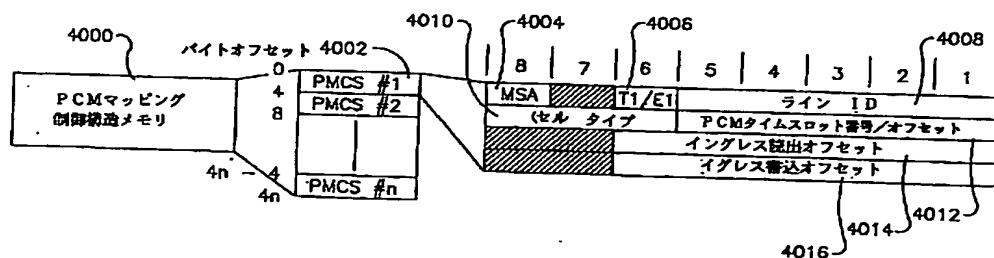
【図28】



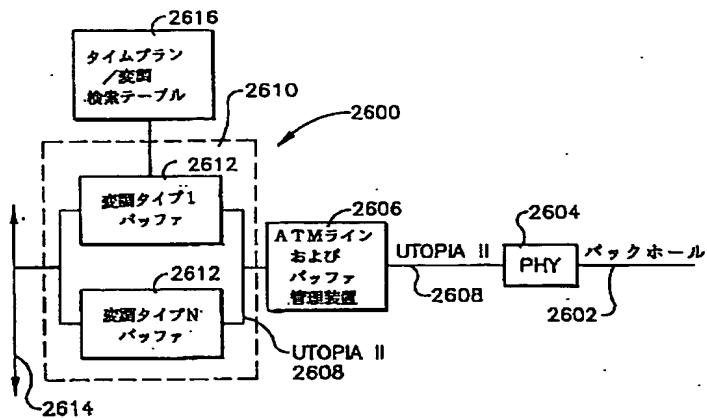
【図29】



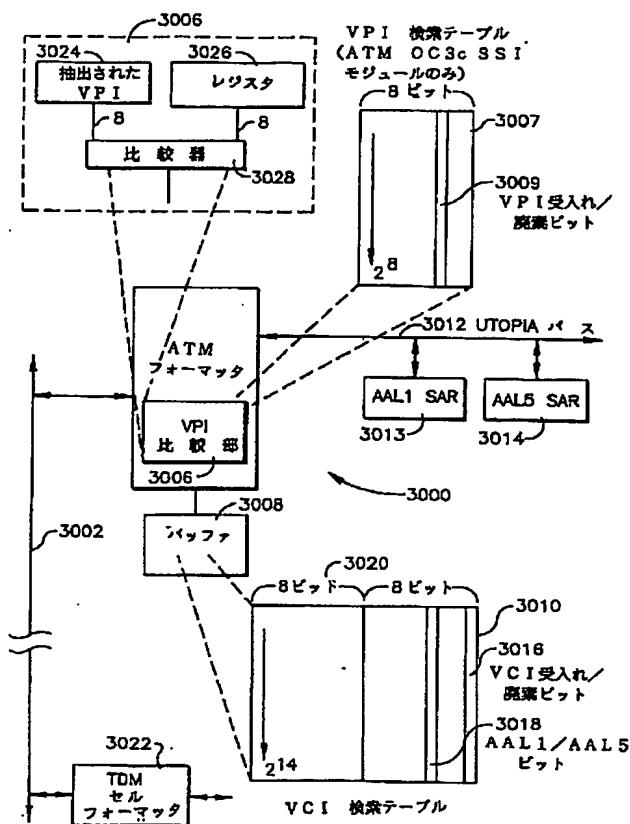
【図46】



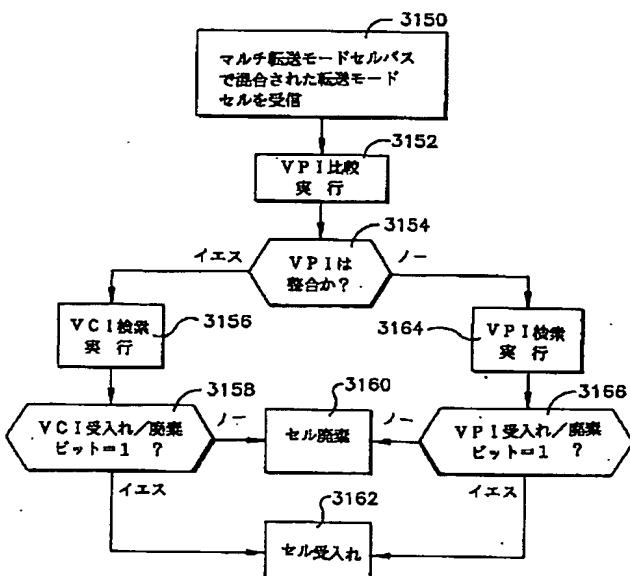
【図30】



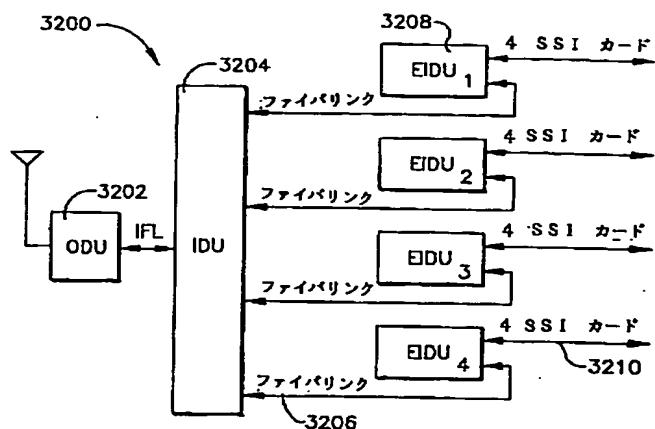
【図34】



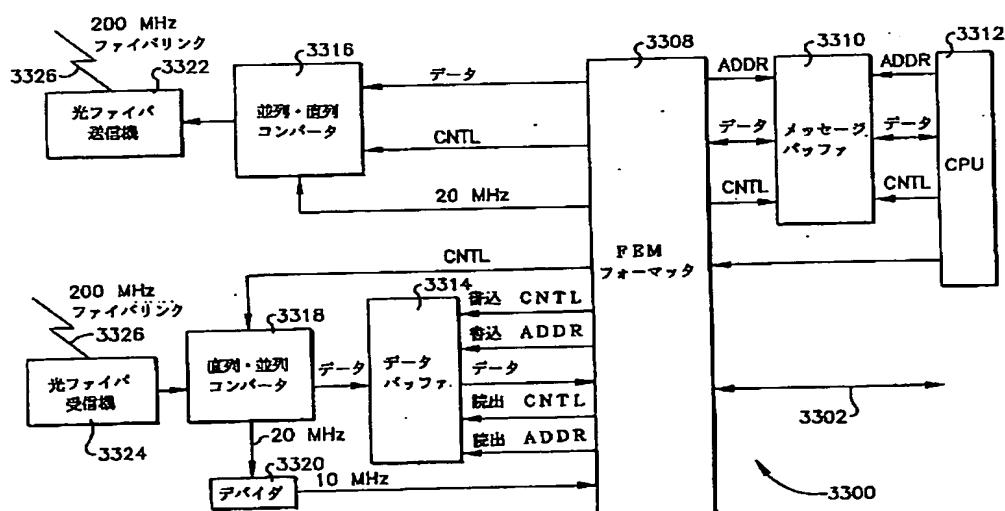
【図36】



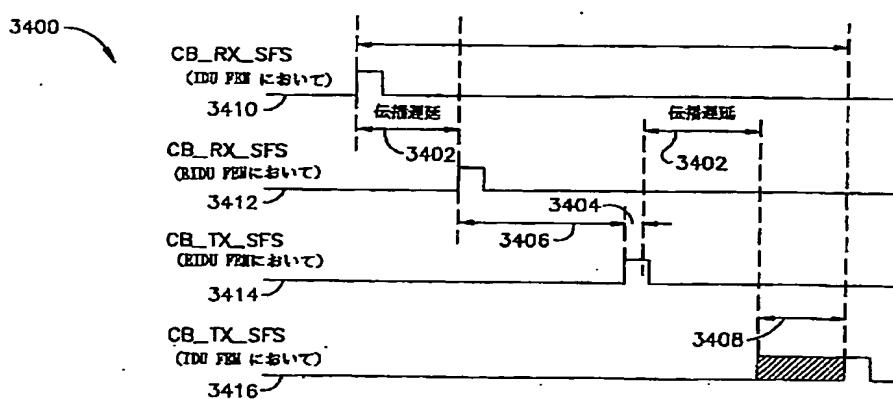
【図37】



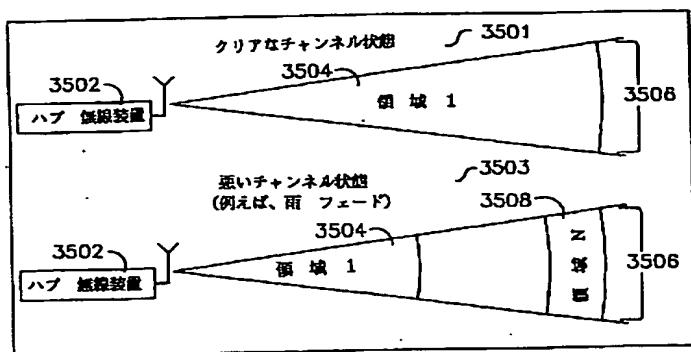
【図38】



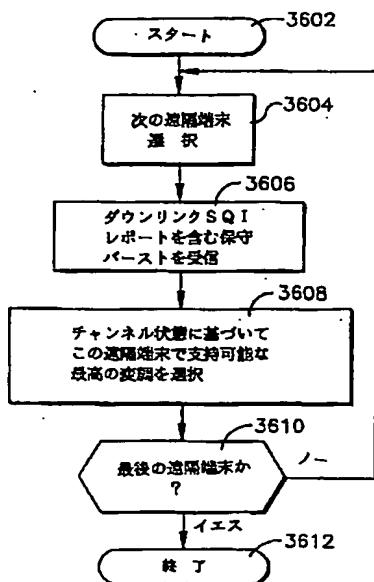
【図39】



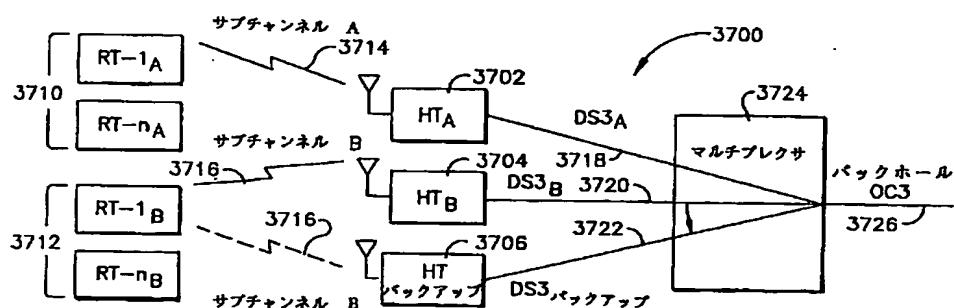
【図40】



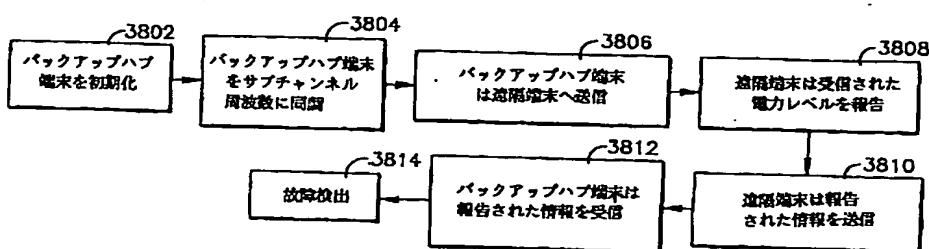
【図41】



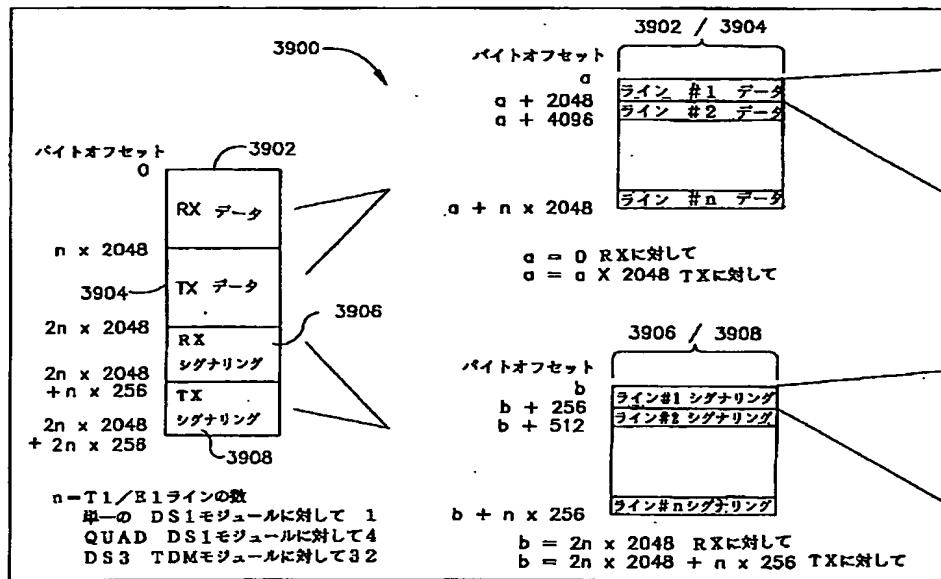
【図42】



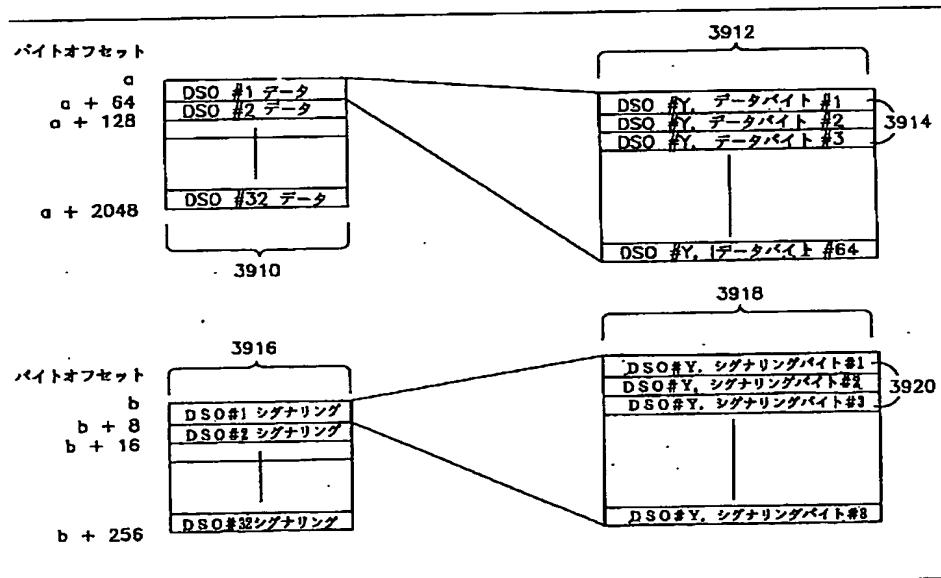
【図43】



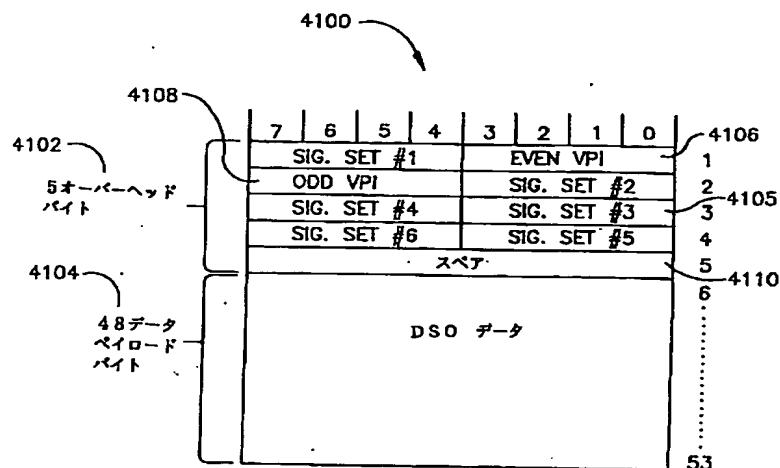
【図44】



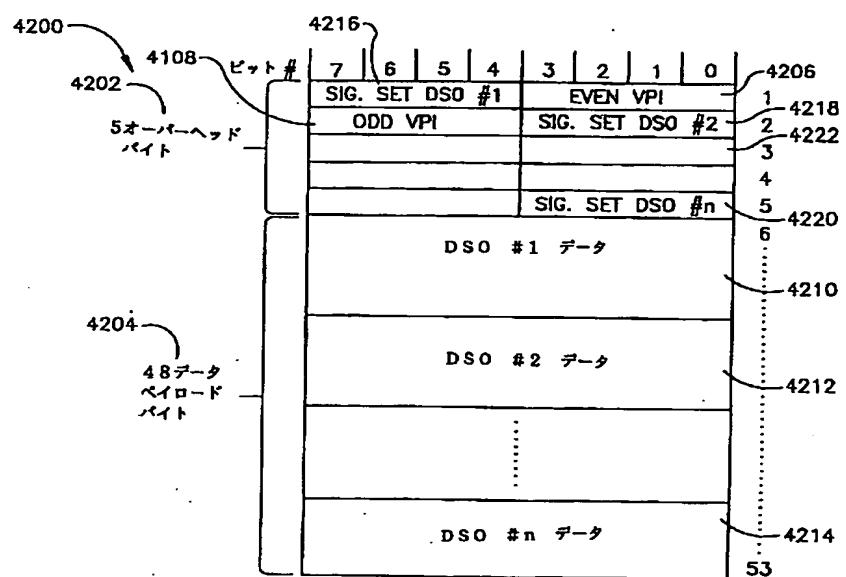
【図45】



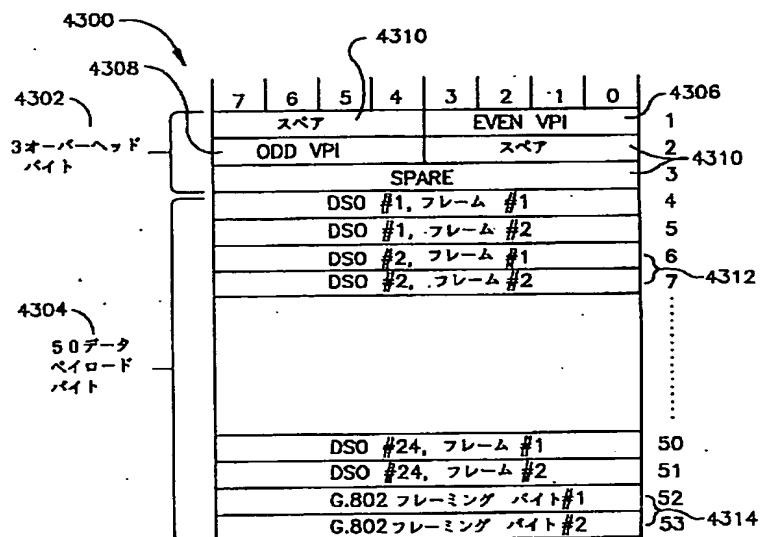
【図47】



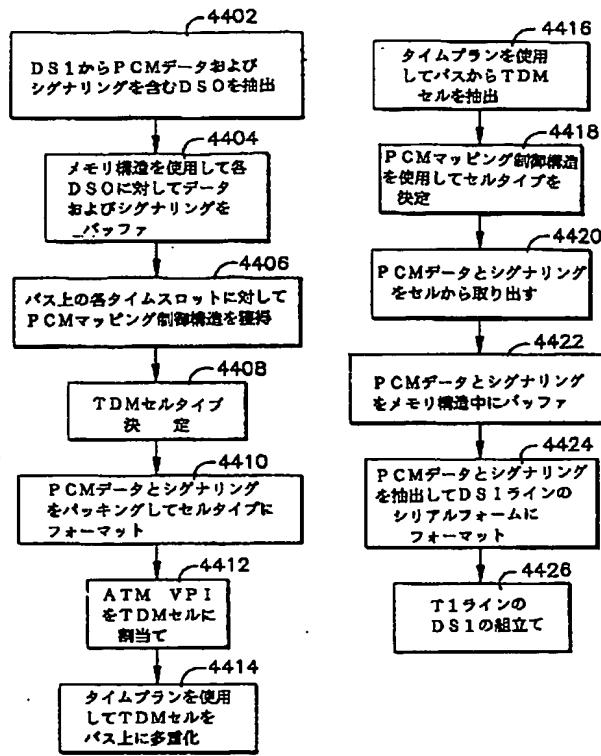
【図48】



【図49】



【図50】



(B)

(A)

フロントページの続き

(72) 発明者 ジョン・イー・コリガン・ザ・サーク
アメリカ合衆国、メリーランド州 20815、
シェビー・チェイス、ウェスト・アービング
グ・ストリート 33
(72) 発明者 バラ・サブラマニアム
アメリカ合衆国、メリーランド州 20886、
モンゴメリー・ビレッジ、トローリー・ク
ロッシング・コート 20312

(72) 発明者 ハリー・エム・ジョンソン
アメリカ合衆国、バージニア州 22151、
スプリングフィールド、インバーチャペ
ル・ロード 5419
(72) 発明者 ドナルド・エス・アーンスタイン
アメリカ合衆国、バージニア州 22031、
フェアファックス、クリストファー・スト
リート 9127

【外国語明細書】

PD-990145

Title of Invention**MULTI-MODULATION RADIO COMMUNICATIONS****Detailed Description of Invention**

This application claims priority under 35 U.S.C. § 119(e) to U.S. Provisional Patent Application Serial No. 60/094,106, filed July, 24, 1998, of Kay, et al., for MULTI-MODE, MULTI-MODULATION POINT TO MULTIPONT MICROWAVE RADIO SYSTEM, which U.S. Provisional Patent Application is incorporated herein by reference.

This patent document relates to a point to multipoint communications system described in the following patent documents filed concurrently herewith. Related patent applications are:

U.S. Patent Application Serial No. 09/_____, filed July ____, 1999, of Kay, et al.; for MULTI-MODE, MULTI-MODULATION POINT TO MULTIPONT COMMUNICATIONS; now U.S. Patent No. _____;

U.S. Patent Application Serial No. 09/_____, filed July ____, 1999, of Corrigan, et al.; for MULTI-TRANSPORT MODE RADIO COMMUNICATIONS; now U.S. Patent No. _____;

U.S. Patent Application Serial No. 09/_____, filed July ____, 1999, of Lohman, et al.; for SERVICE SPECIFIC INTERFACING IN POINT TO MULTIPONT COMMUNICATIONS; now U.S. Patent No. _____;

U.S. Patent Application Serial No. 09/_____, filed July ____, 1999, of Muhammad, et al.; for EXTENSION INTERFACE UNITS IN A COMMUNICATIONS SYSTEM; now U.S. Patent No. _____;

U.S. Patent Application Serial No. 09/_____, filed July ____, 1999, of Kay, et al.; for AIR INTERFACE FRAME FORMATTING; now U.S. Patent No. _____;

U.S. Patent Application Serial No. 09/_____, filed July ____, 1999, of Kay, et al.; for DEMAND ASSIGNED MULTIPLE ACCESS TECHNIQUES; now U.S. Patent No. _____;

U.S. Patent Application Serial No. 09/_____, filed July ____, 1999, of Muhammad, et al.; for MULTI-TRANSPORT MODE BUS COMMUNICATIONS; now U.S. Patent No. _____;

U.S. Patent Application Serial No. 09/_____, filed July ____, 1999, of Wendling, et al.; for 1:N REDUNDANCY IN A COMMUNICATIONS SYSTEM; now U.S. Patent No. _____; and

U.S. Patent Application Serial No. 09/_____, filed July ____, 1999, of Muhammad, et al.; for TDM BUFFERING; now U.S. Patent No. _____; all of which are incorporated herein by reference.

BACKGROUND OF THE INVENTION

The present invention relates radio communications systems, and more particularly to digital radio communications systems. Even more particularly, the present invention relates to multiple modulations in a radio communications system.

Radio communications devices are commonly known in the art of communications.

- A radio is a device that transmits and receives electromagnetic energy being within the range of frequencies known as radio frequency. Radios are commonly used in communications systems as a means to transmit and receive communications over a wireless communications link. Prior art radios 5 have many applications, such as in FM broadcast radio, mobile cellular communications, point to point communications systems, and point to multipoint communications systems.

Radios typically consist of a radio transceiver that is responsible for producing the radio frequency power for transmission and receiving radio signals from other radio transceivers. Radios also include frequency converters that converts baseband signals to a radio frequency for 10 transmission and converts received radio frequency signals back to baseband signals.

An important part of the radio is the modem, or modulator/demodulator unit. The modem modulates the baseband signals to the carrier frequency as is commonly known in the art. This changes the format of the baseband signal to a format that can travel great distances, as opposed to the baseband signal which has a very limited range. The modem also demodulates the modulated 15 signals at the receiving radio. There are many different types of modulations that radios typically take advantage of, e.g. frequency modulation, amplitude modulation, phase modulation, etc. In addition, there are many types of modulations within each general modulation. For example, phase modulation includes phase shift keying, quadrature phase shift keying, quadrature amplitude modulation, etc. Prior art radios typically have a modem that operates using only one modulation mode.

20 In some radio applications, such as a point to multipoint microwave radio communications system, it is advantageous to use different radios, wherein each radio uses a different modulation scheme. In a prior art point to multipoint communications, a fixed location central hub site contains radios that communicate with corresponding radios at fixed location remote sites. The fixed location remote sites are physically located at different distances from the hub site. Thus, the 25 communications system is a point (hub site) to multipoint (many remote sites) communications system. Additionally, microwave radio signals, due to their extremely high frequencies, are limited by line of sight and distance from the radio transmitter.

Consequently, a radio using one modulation mode will transmit a radio signal that 30 will propagate or travel a different distance than a radio using a different modulation. Thus, in such a point to multipoint communications system, a first radio using a first modulation mode may only be able to communicate with the radios at the remote sites that are closest to hub site and be within an acceptable bit error rate (BER), but the bit error rate may be unacceptable to the radios at the remote sites that are farther away from the hub site. Thus, a second radio using a second modulation is 35 needed to communicate with the radios at the farther located remote sites, since the first radio only communicates using the one modulation mode. Additionally, a third radio using a third modulation may be needed to communicate with radios at remote sites outside of the range of the second radio. Alternatively, the third radio could be used to communicate with the radios at all of the remote sites;

however, the third radio uses a modulation mode that requires more bandwidth than the first or second radio to transmit signals, which does not allow for efficient use of the communications link. Therefore, disadvantageously, different radios, each using modems that support one modulation mode, are needed at the hub site to communicate with the radios located at remote sites which are varying distances from the hub site.

SUMMARY OF THE INVENTION

The present invention advantageously addresses the needs above as well as other needs by providing a multi-modulation radio including a multi-modulation modem, and related methods of radio communication, that support multiple modulations within a single radio unit.

In one embodiment, the present invention can be characterized as a radio comprising a multi-modulation modem, wherein the multi-modulation modem includes a modulator that modulates signals using a plurality of modulations. The radio also comprises a frequency converter coupled to the multi-modulation modem for converting the signals to a radio frequency and a transceiver unit including an antenna coupled to the frequency converter for transmitting the signals over a radio communications link.

In a further embodiment, the present invention can be characterized as a modem comprising a multi-modulation modem. The multi-modulation modem includes a modulator that includes a modulation selector unit. The modulator modulates signals using a plurality of modulations and the modulation selector unit selects respective ones of the plurality of modulations to modulate the signals. The multi-modulation modem also includes a demodulator for demodulating the signals using the plurality of modulation modes.

In an additional embodiment, the present invention can be characterized as a method, and means for accomplishing the method, of radio transmission comprising the steps of: receiving signals into a radio; modulating the signals using respective ones of a plurality of modulations; converting the signals, having been modulated, to a radio frequency; and transmitting the signals over a radio communications link.

In yet another embodiment, the present invention can be characterized as a method, and means for accomplishing the method, of radio reception comprising the steps of: receiving signals from a radio communications link into a radio, wherein the signals are modulated with respective ones of a plurality of modulations; converting the signals from a radio frequency to a digital baseband; and demodulating the signals having been modulated with the respective ones of the plurality of modulations.

In a further embodiment, the present invention can be characterized as a method of modulation comprising the steps of: receiving signals into a modulator; converting the signals to symbols; formatting the symbols into bursts; mapping the bursts into respective ones of a plurality of constellations, wherein each of the plurality of constellations corresponds to a respective one of a

plurality of modulations; and modulating the bursts using respective ones of the plurality of modulations.

- In a supplementary embodiment, the present invention can be characterized as a method of demodulation comprising the steps of: receiving complex symbols into a demodulator, 5 wherein the complex symbols have been modulated using respective ones of a plurality of modulations; obtaining a gain estimate of the complex symbols having been received; obtaining a timing estimate of the complex symbols having been received; obtaining a phase estimate of the complex symbols having been received; obtaining a frequency offset estimate of the complex symbols having been received; minimizing intersymbol interference using an equalizer; and mapping, using a 10 multi-modulation slicer, the complex symbols to respective ones of a plurality of constellations, wherein each of the plurality of constellations corresponds to a respective one of the plurality of modulations.

- In an additional embodiment, the present invention can be characterized as a method of providing accurate parameter estimates of received complex symbols in a demodulator, 15 comprising the steps of: receiving complex symbols from a burst into a demodulator, the burst having been transmitted over a communications channel; loading stored interpolation coefficients into a precorrelation filter, wherein the stored interpolation coefficients represent a true timing offset of the communications channel as seen by the demodulator, whereby the communications channel has been equalized; correlating the received complex symbols from the burst using the precorrelation filter 20 having been loaded; detecting the burst; and estimating parameters of the burst having been detected, whereby the estimating step is performed with the communications channel having been equalized.

- In a further additional embodiment, the present invention can be characterized as an acquisition section of a demodulator for allowing accurate parameter estimation. The acquisition section includes a precorrelation filter for receiving complex symbols comprising bursts, wherein the 25 bursts have been transmitted over a communications channel, a burst detector coupled to the precorrelation filter, and a parameter estimator coupled to the burst detector. The acquisition section also includes an equalizer coupled to the parameter estimator and a coefficient memory coupled to the equalizer and the precorrelation filter.

30 BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

The above and other aspects, features and advantages of the present invention will be more apparent from the following more particular description thereof, presented in conjunction with the following drawings wherein:

- FIG. 1 is diagram of a point to multipoint microwave radio system architecture in accordance with one embodiment of the present invention;

FIG. 2 is block diagram of network elements of the embodiment of the point to multipoint microwave radio system shown in FIG. 1;

FIGS. 3A and 3B are diagrams of the channelization used in one embodiment of the point to multipoint system shown in FIG. 2 illustrating the frequency reuse with multiple channels that support multiple modulation modes;

- 5 FIG. 4 is a diagram of the TDMA superframe air interface format used by the point to multipoint system of FIG. 2;

FIG. 5 is a diagram of an air interface frame format for a single frame of the superframe format of FIG. 4;

- 10 FIG. 6 is a diagram of a traffic burst that is formatted for use in the air interface frame format of FIG. 5 illustrating a split preamble in accordance with one embodiment of the present invention;

FIG. 7A and 7B are diagrams of a quad burst and single burst, respectively, that are part of the data section of the traffic burst shown in FIG. 6;

- 15 FIG. 8 is a diagram of the overhead section of the air interface frame format of FIG. 5;

FIG. 9 is a functional block diagram of the multi-mode remote terminal as described in FIG. 2 having service specific interface modules attached;

FIG. 10 is a functional block diagram of a timing recovery system used in the multi-mode remote terminal of FIG. 9 to recover the timing sent from the multi-mode hub terminal of FIG. 2;

- 20 FIG. 11 is a functional block diagram of a multi-modulation modem ASIC used in the multi-mode remote terminal of FIG. 9 or the multi-mode hub terminal of FIG. 14;

FIG. 12 is a functional block diagram of a parameter estimation performed in the multi-modulation modem of FIG. 11 and using the split preamble feature shown in FIG. 6;

- 25 FIG. 13 is a block diagram of the hub site of the embodiment described in FIG. 2 containing multi-mode hub terminals and transmission equipment;

FIG. 14 is a functional block diagram of a multi-mode hub terminal as described in FIGS. 2 and 13 having service specific interface modules attached;

- 30 FIG. 15 is a diagram of the multi-transport mode cell bus frame format used by one embodiment of the multi-transport mode cell bus and how it relates the air interface frame format of FIG. 5;

FIG. 16 is a diagram of an intermodule communication cell format transmitted on the multi-transport mode cell bus of FIG. 15;

- 35 FIG. 17 is a diagram of a cell bus data cell format transmitted on the multi-transport mode cell bus of FIG. 15;

FIG. 18 is a timing diagram for the multi-transport mode cell bus of FIG. 15;

FIG. 19 is a flowchart illustrating the steps performed for data transfer between the indoor units of the multi-mode hub terminal and the indoor units of the multi-mode remote terminals over the communications for the embodiment shown in FIG. 2;

- 5 FIG. 20 is a block diagram of a quad DS1/AAL1 service specific interface module used in the embodiment of the point to multipoint system of FIG. 2;

FIG. 21 is a block diagram of a TDM DS3 service specific interface module used in the embodiment of the point to multipoint system of FIG. 2;

FIG. 22 is a block diagram of an ATM OC3c service specific interface module used in the embodiment of the point to multipoint system of FIG. 2;

- 10 FIG. 23 is a block diagram of a DS3 transparent service specific interface module used in the embodiment of the point to multipoint system of FIG. 2;

FIG. 24 is a diagram of a data cell that is formatted by the DS3 transparent SSI module in the embodiment of FIG. 23;

- 15 FIGS. 25A and 25B are functional block diagrams of a multi-transport mode service specific interface module having 8 T1 ports and a multi-transport mode service specific interface module having 4 T1 ports and 4 LAN ports, respectively, used in the point to multipoint system of FIG. 2;

- 20 FIG. 26 is a diagram of an ATM switch used in the ATM OC3c SSI module of FIG. 17, configured for the multi-modulation environment of the point to multipoint system of FIG. 2 illustrating a demand assigned multiple access (DAMA) technique as well as an ATM address filtering technique;

FIG. 27 is a flowchart illustrating the demand assigned multiple access technique as well as the ATM address filtering technique described in FIG. 26;

- 25 FIG. 28 is a diagram of the structure of a standard ATM cell;
FIG. 29 is a diagram of the structure of a TDM cell formatted to include: a header section containing an ATM specific header and signaling data; and a data section containing pulse-code-modulated data used in accordance with one embodiment of the point to multipoint system;

- 30 FIG. 30 is a diagram of an ATM address filtering technique performed by service specific interface modules to filter the ATM cells of FIG. 28 and the TDM cells of FIG. 29 received from a mixed transport mode source;

FIGS. 31A and 31B are flowcharts illustrating the steps performed in two variants of the ATM address filtering techniques described in FIG. 30;

- 35 FIG. 32 is a block diagram of extension indoor units coupled to the indoor unit of multi-mode remote terminals of FIG. 9;

- FIG. 33 is a functional block diagram of a fiber extender module used to connect the indoor unit of the multi-mode remote terminal of FIG. 9 and the extension indoor unit of FIG. 32 together via an extension fiber link;

FIG. 34 is a timing diagram illustrating the delays involved in the transfer of data from the indoor unit of the multi-mode remote terminal of FIG. 9 to the extension indoor unit of FIG. 32;

- 5 FIG. 35 is a diagram illustrating a demand assigned multiple access (DAMA) technique used in one embodiment of the point to multipoint system of FIG. 2 such that bandwidth is dynamically changed based upon channel condition;

FIG. 36 is a flowchart illustrating the steps performed in the demand assigned multiple access technique shown in FIG. 25;

- 10 FIG. 37 is a block diagram for a 1:N redundancy system used at the hub sites in one embodiment of the point to multipoint system of FIG. 2;

FIG. 38 is a flowchart for the steps undertaken in order for a backup hub terminal shown in FIG. 37 to detect an on-line hub terminal failure in the 1:N redundancy embodiment of the point to multipoint system of FIG. 2;

- 15 FIG. 39 is a memory structure for buffering pulse-code-modulated (PCM) data and signaling for use within the TDM-based service specific interface modules described in FIGS. 20, 21, 25A, and 25B in one embodiment of the present invention;

FIG. 40 is a pulse-code-modulated mapping control structure memory to be used with memory structure of FIG. 39 for TDM buffering in the TDM-based service specific interface modules used in one embodiment of the present invention;

- 20 FIG. 41 is a cell format for a TDM cell used in TDM buffering in the TDM-based service specific interface modules to pack the pulse-code-modulated (PCM) data and signaling from a single DS0 into the TDM cell in accordance with the embodiments shown in FIGS. 39 and 40;

- 25 FIG. 42 is a cell format for a TDM cell used in the TDM buffering in the TDM-based service specific interface modules to pack pulse-code-modulated (PCM) data and signaling from multiple DS0s into a single TDM cell in accordance with the embodiments shown in FIGS. 39 and 40;

- 30 FIG. 43 is a cell format for a TDM cell used in the TDM buffering in the TDM-based service specific interface modules to pack multiple DS0s with embedded framing in accordance with the embodiments shown in FIGS. 39 and 40;

FIGS. 44A and 44B are flowcharts illustrating the TDM buffering as described in FIGS. 39 through 43, done at the TDM-based SSI modules of the point to multipoint system for traffic flow both in and out of the TDM-based service specific interface modules;

Corresponding reference characters indicate corresponding components throughout the several views of the drawings.

DETAILED DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

The following description of the presently contemplated best mode of practicing the invention is not to be taken in a limiting sense, but is made merely for the purpose of describing the general principles of the invention. The scope of the invention should be determined with reference to

5 the claims.

Referring first to FIG. 1, a diagram of a multi-transport mode, multi-modulation point to multipoint microwave radio system (hereinafter referred to as the point to multipoint system) architecture in accordance with one embodiment of the present invention is shown. The point to multipoint system 100 includes a central office 102, a public switched telephone network (PSTN) 104, 10 an Internet service provider 106, and other networks 108. The point to multipoint system 100 also includes hub sites 110 each having multi-mode hub terminals 112 (hereinafter referred to as hub terminals) and multiple multi-mode remote terminals 114 (hereinafter referred to as remote terminals) associated therewith. The multiple remote terminals 114 are located within multiple sectors 116 ("pie slices"). The hub terminals 112 are coupled to the multiple remote terminals 114 via multiple communications links 118. The point to multipoint system 100 further includes a transport network 120, and an element management system (EMS) 122.

The public switched telephone network 104, the Internet service provider 106, the transport network 120 (also referred to as the backhaul), and the other networks 108 are coupled to the central office 102. The transport network 120 couples the central office 102 to the hub sites 110 20 and to the element management system 122. Each hub terminal located at a hub site 110 communicates with respective remote terminals 114 in a sector by a communications link 118.

Throughout the specification, terminology is used to describe a particular device or aspect of the point to multipoint communications system. When using the phrase "multi-modulation (device)", the capability of the device to use multiple modulations is referred to. When using the 25 phrase "multi-transport mode (device)", the capability of the device to support multiple transport mode signals, such as synchronous signals (e.g. TDM signals) and asynchronous signals (e.g. ATM signals) is referred to. When using the phrase "multi-mode (device)", both multi-modulation and multi-transport mode features are being referred to. Furthermore, the terminology of signals is used to generically describe the different types of traffic transported through the point to multipoint system.

In accordance with this embodiment of the present invention, a competitive local exchange carrier (CLEC) uses the point to multipoint system 100 to provide a variety of services to subscribers who interface with the point to multipoint system at the remote terminals 114. The central office 102 provides the voice and data switches, as well as multiplexing equipment, for services to and from the point to multipoint system 100 while the element management system 122 30 (hereinafter referred to as the EMS) manages the point to multipoint system, controlling the switches in the central office 102 and the various elements at the hub sites 110 and the remote terminals 114. Thus, the central office 102 couples to the services provided to the subscribers including public

switched telephone services 104, Internet services, and other networks 108, such as other exchange carriers or data delivery systems. Thus, the point to multipoint system 100 provides multimedia services including data, voice, and video to the subscribers at the remote terminals 114. The transport network 120 distributes the information between the central office 102 and each hub terminal 112 at the hub site 110.

The point to multipoint hub site 110 comprises one or more hub terminals 112 for each sector 116 depending on multiple channels and location of the subscriber premises containing the remote terminals 114 (described further in FIG. 2). Each hub terminal supports one subchannel of the channel. Each subchannel is a subset of the total frequency bandwidth or channel bandwidth. For simplicity of illustration, only one hub terminal 112 (also referenced to as a sector radio) is shown per sector 116 in FIG. 1. Each hub terminal 112 is a sector radio used to communicate with the remote terminals 114 within its particular sector 116. Each hub terminal 112 (sector radio) communicates via the communications link 118 with the remote terminals 114, which are also sector radios. The subscribers are able to connect to the remote terminal 114 through a subscriber interface or service specific interface module (hereinafter referred to as an SSI module). T1 or E1 lines, as well as other communications lines further described below, extend from the SSI modules to the subscribers' equipment. T1 and E1 lines are well known in the art of telecommunications and thus, no further explanation is made herein.

The point to multipoint system 100 of the embodiment shown advantageously transmits over the communications link 118 in a time division multiple access/time division multiple access fashion (TDMA/TDMA). This means that in the downlink direction (from the hub terminal 112 to the remote terminal 114), the radio interface is a time division multiple access link, and that in the uplink direction (from the remote terminal 114 to the hub terminal 112), the radio interface is a time division multiple access link. This is a departure from prior art point to multipoint systems that transmit in a time division multiplexed (TDM) manner or that transmit continuously in the downlink direction. Use of TDMA in the downlink (also referred to as discontinuous transmission) facilitates the deployment of switched beam antennas (which may be sectored antennas) at the hub terminals. Switched beam antennas reduce interference and increase the transmission range as described in more detail with reference to FIGS. 3A, 3B and 14. Alternatively, the point to multipoint system 100 may use a continuous transmission in the downlink; however, disadvantageously, switched beam antennas could not be used as are ideally used in the preferred embodiment.

In addition to operating in a TDMA fashion in the downlink, the point to multipoint system of the present embodiment is configured to carry signals using multiple transport modes. Specifically, the point to multipoint system of the present embodiment is able to interface with asynchronous signals, i.e. signals transmitted asynchronously, such as asynchronous transfer mode (ATM) as well as synchronous signals, i.e. signals transmitted synchronously, such as time division multiplexed (TDM). Asynchronous signals are sent without regard to a specific time and are routed

based upon header information, while synchronous signals are sent according to specific time and are routed based upon the time received. Prior art point to multipoint systems are either all synchronous (e.g. TDM) or all asynchronous (e.g. ATM), and thus, two redundant sets of infrastructure are required in accordance with the prior art when both TDM and ATM are to be employed. It is particularly advantageous to have a system that services both transport modes because not only can a subscriber now take advantage of well established TDM-based voice services, but can also utilize high speed data and multimedia ATM services. Advantageously, these transport modes can both be employed using a single infrastructure making up the point to multipoint system 100. The details of how the point to multipoint system is able to carry both ATM-based and TDM-based communication are discussed further below.

The hub terminals 112 (which are sector radios) and the remote terminals 114 (which are also sector radios) of the point to multipoint system of the present embodiment also, advantageously contain multi-modulation modems creating an air frame format capable of transmitting using multiple modulation modes on a burst-by-burst basis. Thus, a single hub terminal 112 may transmit one burst using one modulation mode and the next burst using another modulation mode. This enables the hub terminal 112 to transmit to all of the remote terminals 114 in its particular sector 116, regardless of what modulation mode is employed by each of the remote terminals 114 or which region it is in.

In prior art point to multipoint systems, n radios (hub terminals 112) are needed for n modulation modes within a sector 116, whereby each of the n radios transmits using a different modulation mode. And, the use of multiple modulation modes within a given sector is an exception to general practice. To the contrary, higher order modulation modes can be used only when channel conditions are of high quality. So, these higher order modulation modes are typically used to effect communications with remote terminals 114 that are relatively close to the hub terminal 112. On the other hand, when the remote terminal 114 is in a region farther away, a more robust modulation mode is needed to reduce the bit error rate. And, two or more regions may be defined within each sector 116 with remote terminals 114 in each region employing the highest order modulation mode (most bits/second/Hz) available with sufficiently a low bit error rate. As a result, prior art point to multipoint systems require not only multiple hub terminals 112 per sector 116 for multiple transport modes, but, further require multiple hub terminals 112 per sector 116 in order to support multiple modulation modes. Thus, for example, six hub terminals 112 per sector 116 may be required to support two transport modes and three modulation modes per sector (not notwithstanding redundancy considerations, which would double the number of hub terminals if, for example, a 1:1 redundancy system is used). The various components of the point to multipoint system of the present embodiment are configured to handle the multi-transport mode and multi-modulation mode capabilities and are described throughout the specification.

Thus, the hub terminals 112 and the remote terminals 114 are capable of transmitting and receiving signals using both asynchronous (ATM) and synchronous (TDM) transport modes. Furthermore, the hub terminals 112 and remote terminals 114 can modulate and demodulate these signals using multiple modulation modes, such as quadrature phase shift keying (QPSK), 16-quadrature amplitude modulation (16-QAM), and 64-quadrature amplitude modulation (64-QAM), on a burst-by-burst basis within the TDMA/TDMA air interface frame format. The system is not limited to these modulations and could be configured for BPSK, 32-QAM, 128-QAM, and 256-QAM, for example.

Typically, the point to multipoint system operates within a city or a business park of a metropolitan area, or other defined area. In such an area, there is a concentration of potential subscribers. A transport network 120, such as a high speed Synchronous Optical Network (SONET) ring, is spread throughout the defined area. The SONET ring is well known in the art. The hub sites 110 are also spread throughout the defined area and connect to the transport network 120. The central office 102 switches the services to be provided to the hub terminals 112 at the hub sites 110 via the SONET ring. Each hub terminal 112 has an indoor unit (also referred to as a channel processing unit) located within a hub site building that houses the hub site 110 and couples to the transport network 120. Each hub terminal 112 also has an outdoor unit (also referred to as a transceiver unit), typically located on the roof top of the hub site building. The outdoor unit of the hub terminal 112 communicates with a corresponding outdoor unit of a remote terminal 114 typically located on the roof top of the subscriber's premises. The outdoor unit of the remote terminal 112 communicates with an indoor unit of the remote terminal 114 within the subscriber's premises. The subscribers interface to the point to multipoint system through one of a plurality of service specific interface modules (SSI modules) installed into the indoor unit of the remote terminal 114.

The communications link 118 between each hub terminal 112 and its respective remote terminals 114 is a line of sight microwave radio communications link, so the communications link 118 is limited by distance depending on the modulation mode selected by the hub terminal 112. For example, a signal modulated with QPSK will typically travel only about 3 km with an acceptable bit error rate (BER), i.e. about 10^{-12} or less. A signal modulated with 64-QAM will travel even less distance (i.e., 1000m) with the acceptable bit error rate. Furthermore, the microwave radio signals are limited by the transmit power output of the outdoor units or transceiver units. Although the communications link 118 in the present embodiment is a microwave radio signal, the present embodiment should be understood, in other variations as not limited to microwave signals, but rather potentially comprising other mediums (or combinations of mediums) such as those known in the art, such as wireline, cable, and power line communications links. Furthermore, the point to multipoint system 100 is not limited to terrestrial applications. The point to multipoint system may include hub sites and remote terminals that are earth stations having satellite link between them. Thus, the

concept of multi-transport mode, multi-modulation communication extends to all forms of point to multipoint communication.

Referring to FIG. 2, a block diagram of the point to multipoint microwave radio system 200 in accordance with the present embodiment of FIG. 1 is shown. Each remote terminal 114

- 5 (multi-mode remote terminal) in the point to multipoint system 200 includes: an indoor unit 202, service specific interface modules (hereinafter referred to as SSI modules) 204, outdoor unit 206, intrafacility link 208, and a communications link 210. The hub terminals 112 (multi-mode hub terminals) of the hub site 110 include: outdoor unit 212, hub indoor unit 214, intrafacility link 216, a Digital Signal 3 TDM SSI module 218 (hereinafter referred to as a TDM-DS3 SSI module), an ATM 10 optical carrier level 3c SSI module 220 (hereinafter referred to as an ATM-OC3c SSI module), a DS3 line 222, an OC3c line 224, a DS3 transparent SSI module (not shown and also included at the hub site 110), and optional transmission equipment 252 including a TDM multiplexer (TDM MUX) 226, and an optional ATM multiplexer (ATM MUX) 228. The transmission equipment 252 is coupled through the transport network 246 (also known as the backhaul) to the central office 102. The central 15 office 102 includes: an optional TDM multiplexer 230, an optional ATM multiplexer 232, data switch 234, voice switch 236, DS1/DS3 lines 238, OC3c/Oc12c lines 240, dedicated lines 250, and an element manager 244 within the EMS 122. The common equipment 248 includes the remaining hub terminals 112.

- The subscriber interfaces with the point to multipoint system 200 through the 20 remote terminals 114 located at the subscriber's premises. An SSI module 204 is inserted into a service specific interface port or slot (hereinafter referred to as an SSI port) that is built into the chassis of an indoor unit 202 (or channel processing unit) of the remote terminal 114.

- The indoor unit 202 (channel processing unit) of the remote terminal is located 25 within the subscriber's premises. The indoor unit 202 of the remote terminal 114 multiplexes traffic to and from the subscriber and the point to multipoint system through the SSI module 204. The indoor unit 202 is coupled to the intrafacility link 208 and includes a multi-modulation modem, air frame formatting logic (within the multi-modulation modem and burst controller of FIG. 9) and a subscriber interface multiplexer function in one unit. Each indoor unit 202 (channel processing unit) of the remote terminal 114 has four SSI ports to allow for several different subscriber interfaces or 30 service specific interface modules 204, to T1 or E1 lines for example, as discussed with reference to FIGS. 20-25B. It is the SSI modules 204 in connection with the processors of the indoor unit 202 that multiplex the synchronous signals (e.g., TDM) and asynchronous signals (e.g., ATM) into the indoor unit 202. The SSI modules 204 multiplex the TDM and ATM traffic onto a multi-transport mode cell bus (see FIGS. 15-18). Additionally, the SSI modules perform unique TDM buffering techniques (see 35 FIGS. 39-44B) and ATM address filtering techniques (see FIGS. 30-31B) to enable the SSI modules to format the ATM and TDM traffic for the multi-transport mode cell bus. The multi-transport mode

cell bus has a bus frame format (see FIG. 15) to allow for both TDM cells and ATM cells to be placed thereon interchangeably.

Thus, the rest of the point to multipoint system does not need to be modified to transfer signals using both TDM and ATM transport modes. Cell formatters (also referred to as signal formatters) of the SSI modules (at the remote terminal 114 and the hub terminal 112) format the TDM traffic or signals into TDM cells that are the same size as a standard ATM cell (i.e., 53 bytes). Thus, the cell formatters of the SSI modules 204 format the TDM cells and ATM cells in such a way that they appear to be the same type of cell to the rest of the point to multipoint system; however, the SSI modules have formatted the TDM cells and the ATM cells such that they are distinguished at the SSI modules of the receiving communications terminal. Thus, the multi-transport mode cell bus carries cells, such that it does not distinguish between whether the cells are TDM cells or ATM cells. The mixed traffic (TDM and ATM cells) on the multi-transport mode cell bus is mapped directly to a corresponding air interface frame format (see FIGS. 5 and 15) for transmission over the communications link 210. The mixed traffic is received over the communications link 210 and mapped back to the multi-transport mode cell bus frame format from the air interface frame format (See FIG. 15). The multi-transport mode cell bus carries the mixed traffic to the SSI modules 204 wherein the cell formatters (i.e., signal formatters) of the SSI modules 204 sort and separate the TDM cells from the ATM cells. The TDM cells are sorted according to time slots with a time plan as is conventionally done in a TDM system, while the ATM cells are sorted according to header information. Therefore, the point to multipoint system 200 is able to carry both ATM and TDM by formatting the TDM data and the ATM cells in a unique frame structure and multiplexing them in and out of the point to multipoint system 200 at the SSI modules 204 (See FIGS. 20-25B for more details on SSI modules). The details of this operation are discussed throughout the specification.

The indoor unit 202 of the remote terminal 114 further supports a fiber extender module that plugs into one of the SSI ports to allow connection to an extension indoor unit. This allows for linear growth in the number of subscriber interfaces (i.e., SSI modules) that can be supported by the indoor unit 202 of the remote terminal 114. The fiber extender module and extension indoor unit are discussed with reference to FIGS. 32-34.

The outdoor unit 206 (ODU) (or transceiver unit) of the remote terminal 114 is mounted, typically, on the roof top of the subscribers premises. The outdoor unit 206 of the remote terminal 114 communicates with the indoor unit 202 of the remote terminal 114 via the intrafacility link 208 and communicates with the hub terminal 112 with the communications link, which is a microwave radio communications link 210. The outdoor unit 206 of the remote terminal 114 comprises an antenna, power amplifier, low noise receiver, converters, intrafacility link interface, and alignment features and is further described in FIG. 9.

The intrafacility link 208 (IFL) comprises a single coaxial cable that connects the indoor unit 202 (also referenced as the channel processing unit) of the remote terminal 114 to the

outdoor unit 206 (also referenced as the transceiver unit) of the remote terminal and is further described with reference to

FIG. 7. The intrafacility link 208 carries DC power to operate the outdoor unit 206 of the remote terminal 114 control signals, and a reference frequency. The intrafacility link 208 uses a frequency of

- 5 70 MHz from the outdoor unit 206 of the remote terminal 114 to the indoor unit 202 of the remote terminal 114, and a frequency of 160 MHz from the indoor unit 202 of the remote terminal 114 to the outdoor unit 206 of the remote terminal 114.

The communications link 210 or air interface 210 is a 38 GHz microwave radio channel. The point to multipoint system 200 of the present embodiment supports the following

- 10 frequencies: 5.2 GHz, 24 GHz, 28 GHz, and 38 GHz although a wide range of frequency bands may be employed. The channelization of the present embodiment divides a 50 MHz channel into 4 subchannels, each with 12.5 MHz and each operating at a symbol rate of 10 Msps. Additionally, the point to multipoint system may use multiple 50 MHz channels such that more than one hub terminal 112 is within each sector and uses the same symbol rate of 10 Msps. The channelization is not limited to 50 MHz channels divided into 4 subchannels using specific symbol rates. A wide variety of channel bandwidths could be selected and divided into a wide variety of subchannels using various symbol rates. Also, frequency reuse capabilities may be used for multiple frequency channels as described in FIGS. 3A and 3B.

- As mentioned above, the point to multipoint system 200 operates through the
- 20 communications link 210 in a TDMA/TDMA format in both uplink and downlink directions. Signals transmitted include both TDM and ATM traffic which are mixed within the same air interface frame format. The signals are modulated using multiple modulation modes on a burst-by-burst basis. This embodiment transmits using Quadrature Phase Shift Keying (QPSK), 16-Quadrature Amplitude Modulation (16-QAM), and 64-Quadrature Amplitude Modulation. The point to multipoint system
- 25 supports all three burst types in the same TDMA frame. In practice, QPSK operates at a slower bit rate and is used to increase the range of the system; 64-QAM is used for closer remote terminals for better spectrum efficiency; and 16-QAM is ideally used for mid-range remote terminals 114. (Note that the feature of the present embodiment, however, such as the availability of multiple modulation modes is particularly advantageous in the microwave range, as channels in this range tend to rapidly
- 30 degrade with distance during rain fades and require line of sight to function.) Furthermore, the bursts on the air interface frame format are differently sized to be mixed and matched within the air interface frame format (see FIG. 5).

- The hub site 110 of the point to multipoint system 200 supports a multi-sector, multi-frequency cell, with each sector being serviced by at least one hub terminal 112 (sector radio)
- 35 using a subchannel. It consists of two main components: the hub terminals 112 (also referenced as multi-mode hub terminals) and transmission equipment 252. The hub terminals 112 are further discussed with reference to FIGS. 9 and 10. One hub terminal 112 is shown in FIG. 2 while the

- remaining hub terminals are represented as common equipment 248. Each hub terminal 112 transmits and receives multiple transport mode signals (e.g. ATM and TDM) using multiple modulation modes (QPSK, 16-QAM, and 64-QAM) just as the remote terminals 114 transmit and receive signals using multiple transport modes and using multiple modulation modes. Each hub terminal 112 (sector radio) and has one channel processing unit 214 (indoor unit 214) and one transceiver unit 212 (outdoor unit 212). A hub terminal 112 having an outdoor unit 212 can communicate with all of the remote terminals 114 within the particular sector, regardless of in which region (i.e., radial distance) the remote terminal 114 is located from the hub terminal 112. This is an improvement over traditional point to multipoint systems that need one radio per region per sector.
- 5 Thus, n radios are needed for a prior art point to multipoint system, where n equals the number of sectors times the number of regions in the sector. The present embodiment requires only 1 radio per sector regardless of the number of regions.

A region within a sector ("pie slice") can generally be thought of as an area between two distances from the hub terminal. However, regions are more accurately defined by the channel quality that can be achieved at the receivers of the remote terminals and the receivers of the hub terminals. The remote terminals may thus be "grouped" according to channel quality, with remote terminals receiving higher channel quality being referred to as being in "closer" regions and remote terminals receiving lower channel quality being referred to as being in regions that are "farther" away. As channel quality generally corresponds with radial distance, the terms are used interchangeably with reference to the term "regions". For example, a remote terminal very close (e.g. up to 1000 m) to the hub terminal may be in one region while a remote terminal farther away (e.g. 3 km) is in another region. Both remote terminals are in the same sector but are at a different "distance" from the hub terminal. Thus, a higher order modulation (which requires more bits/second/Hz) is possible between the close remote terminal 114 and the hub terminal 112 while a hub terminal 112 using a lower order modulation (requiring fewer bits/second/Hz) is needed to communicate with the farther remote terminal.

The present embodiment improves prior art systems in that the present embodiment does not require one hub terminal 112 for each region within each sector. Instead, each hub terminal 112 may transmit using multiple modulation modes and; thus, can communicate with all remote terminals 114 within its sector regardless of the regions in which the remote terminals are located.

30 The hub site 110 may also include transmission equipment 252 including a TDM multiplexer 226 and an ATM multiplexer 228, to the transport network 246. The transmission equipment 252 is optional in this embodiment, and if the transmission equipment 252 is not located at the hub site, similar equipment is located at the central office 102.

35 Additionally, a concentrator is not needed in the present design of the hub terminal 112. In prior art systems, a concentrator splits concentrated traffic into separate traffic streams, each stream going to a differently modulated hub terminal 112. Because a single hub terminal in the

present embodiment transmits using multiple modulations on a burst-by-burst basis, a concentrator is not needed. The "concentrated" traffic is simply sent directly to the hub terminal 112 which transmits the traffic multiplexed over the air.

The outdoor unit 212 (transceiver unit) of the hub terminal 112 is the same as the 5 outdoor unit 206 of the remote terminal 114. The outdoor unit 212 of the hub terminal comprises an integrated 38 GHz transceiver and antenna. Transmit and receive bands are swapped with respect to the transmit and receive bands of the outdoor unit 206 of the remote terminal 114. The outdoor unit 212 of the hub terminal 112 is typically located on top of the building that contains the hub site 110.

Similar to the indoor unit 202 of the remote terminal 114, the indoor unit 214 10 (channel processing unit) of the hub terminal 112 is connected to the outdoor unit 212 (transceiver unit) of the hub terminal 112 by an intrafacility link 216. The intrafacility link 216 is a single coaxial cable that carries power for the outdoor unit 212, a reference frequency, uplink and downlink intermediate frequency signals, and a telemetry link.

The indoor unit 214 at the hub terminal 112 is similar to the indoor unit 202 of the 15 remote terminal 114. The indoor unit 214 also supports multiple transport mode signals using multiple modulation modes. The indoor unit 214 includes the intermediate frequency transceiver section, a channel and control processor, and three types of interfaces to transmission equipment 252. The first type of interface is a TDM-DS3 SSI module 218, described in FIG. 21, to support the DS3 connection to a TDM multiplexer 226 for carrying TDM traffic. The second type is a DS3 transparent 20 SSI module (not shown). The DS3 transparent SSI module, described in FIG. 23, is intended for point to point links between the hub terminal 112 and the remote terminal 114. This point-to-point link uses the entire bandwidth of the radio (e.g. 12.5 MHz) and is unique in the fact that a point to point link can be created within a point to multipoint system (see FIG. 23). And the third type is an 25 ATM-OC3c SSI module 220, described in FIG. 22, used for carrying traffic with ATM cells to an ATM multiplexer 228. The hub site 110 and hub terminals 112 are described in more detail with reference to FIGS. 13 and 14. Note that a DS3 is a digital signal level 3 and an OC3c is an optical carrier level 3 concatenated, both of which are known in the art of telecommunications.

The hub terminals 112 are supported by 1:1 redundancy switching. For each hub 30 terminal 112, there is a one for one redundant outdoor unit (206, 212) and indoor unit (202, 214). For example, if either the indoor unit 214 of the hub terminal 112 or the outdoor unit 212 of the hub terminal 112 fails, a backup hub terminal (not shown) including a outdoor unit (not shown) and indoor unit (not shown) are automatically switched in to replace the failed hub terminal 112. Thus, one backup hub terminal is needed for each hub terminal 112. The 1:1 redundancy system is shown in FIG. 13.

35 Alternatively, a novel 1:N redundancy system may be used for hub terminals 112 within the same sector and having the same antenna profile as described with reference to FIG. 37.

The transmission equipment 252 multiplexes traffic from all the indoor units 214 of the hub terminals 112 to and from the transport network 246. Both TDM-based and ATM-based multiplexing are achieved by using the TDM multiplexer 226 and the ATM multiplexer 228. As mentioned above, the transport network 246 may be a Synchronous Optical Network (SONET) ring.

- 5 The SONET ring is a ring of fiber optic cable that runs underground throughout a defined area. It is a high speed carrier, that carries synchronous (TDM) or asynchronous (ATM) traffic.

In another embodiment, backhaul wirelines could be replaced by a wireless communications link (not shown) from the transmission equipment 252 to the transport network 246 (or backhaul infrastructure). The wireless communications link could be a microwave radio

- 10 communications link very similar to the communications link 210 between the hub terminals 112 and the respective remote terminals 114. An antenna, e.g. a first 12° antenna, is coupled to the transmission equipment 252 and a corresponding antenna, e.g. a second 12° antenna, is coupled to the transport network 246. The antenna would have a very narrow beamwidth (e.g. 2-3 degrees) allowing for much greater range than a wider angle antenna. This embodiment allows for a distance
15 of about 5 to 10 miles between the hub site 110 and the transport network 246.

- The central office 102 provides the switching for the point to multipoint system 200 and contains the element management system 122 (EMS). Transmission equipment is alternatively located at the central office and is implementation dependent. Alternatively, the EMS 122 is not contained in the central office 102. The transmission equipment at the central office 102 is a TDM multiplexer 230 used for TDM traffic, an ATM multiplexer 232 used for ATM traffic, a data switch 234, a voice switch 236, DS1 or DS3 lines 238, OC3c/OC12c lines 240, and STM-1 lines (not shown). Other dedicated lines 250 couple to other data delivery systems such as PSTN, Internet service providers and inter-exchange carriers. The data switch 234 and voice switch 236 control which data and voice signals go to the TDM multiplexer 230 and the ATM switch 232. The DS1 line 238 is a T1 line or E1 line, while the DS3 line 238 carries a group of 28 T1 streams. The OC3c and OC12c lines 240 are ATM specific lines. STM-1 lines are also used in the European version of the point to multipoint system 100. STM-1 lines are configured to run in either ATM or TDM mode. For example, TDM STM-1 lines would replace DS3 lines 222 and 238, while ATM STM-1 lines would replace OC3c lines 224 and 240. This transmission equipment and the various lines are well known
25 in the art.

- The element manager system (EMS) 122 of the central office 102 contains the element manager 244 which performs off-the-network management functionality for the point to multipoint system. Physically, the element manager 244 is a UNIX based workstation typically used for point to multipoint systems including a large geographical display. An operator can configure and monitor the point to multipoint system network from the EMS 122. In one embodiment, the EMS 122 uses a Wide Area Network (WAN) to communicate with all of the hub sites 110 in the point to multipoint system. The WAN communicates with each hub site 110 through a local area network
30

(LAN) router located at each hub site 110 which couples the WAN to the LAN of each hub site 110. This is the conventional way in which the EMS 122 manages the hub sites 110. The LAN router is shown in FIG. 13. The LAN of the hub site communicates with the individual indoor units 214 of the hub terminals 112 (see FIG. 13). The transport from the hub LAN to the WAN is often a separate landline T1 line, or, alternatively, it can be multiplexed into the DACS 230 as discussed below.

- 5 In another embodiment, the element management system 122 uses an in-band network to communicate with the hub site 110 of the point to multipoint system 200 through messaging sent through the transport network 246 (backhaul). The messaging is sent as either TCP/IP or frame relay data using AALS (ATM adaptation layer level 5) through the transport 10 network 246 and the ATM multiplexer 228. The ATM OC3c SSI module 220 receives the messaging as described in FIG. 22. This approach is a departure from prior art systems that communicate through a separate landline. It is more economical and eliminates the need to maintain separate landlines to the hub site 110 for the wide area network to communicate with the LAN of the hub site 110.

- 15 Furthermore, it should be noted that the point to multipoint system is described throughout the specification as having both multiple transport mode capabilities and multi-modulation capabilities in the preferred embodiment. The point to multipoint system is not intended to be limited to point to multipoint systems having both capabilities. For example, one embodiment of the point to multipoint system could be configured to transmit and 20 receive multiple transport mode signals (e.g. synchronous and asynchronous) without having multi-modulation capabilities. This embodiment would not require the multi-modulation modem and could contain a single modulation modem known in the art. In another embodiment, the point to multipoint system may have multi-modulation capability and not multi-transport mode capabilities. In such an embodiment, the specially designed SSI modules and multi-transport mode cellbus could work 25 without modification. Thus, the hub terminals and remote terminals could comprise multi-transport mode radios in one embodiment and multi-modulation radios in another embodiment.

- The present embodiment is fully compatible with conventional equipment, such as the components of the transmission equipment 252, transport network 246, and central office 102. The point to multipoint system 200 further supports existing services and interfaces; however, the 30 conventional SSI modules must be modified to interface with the multi-transport, multi-modulation system. The individual aspects of this embodiment of the point to multipoint system that enable the use and operation of the system are described below.

- Referring next to FIGS. 3A and 3B, diagrams are shown of the channelization used in one embodiment of the point to multipoint system shown in FIG. 2 illustrating the frequency reuse with multiple channels at the hub site that support multiple modulation modes. FIG. 3A illustrates 35 frequency reuse of two channels (e.g. 50 MHz frequency channels) indicated by a first frequency 302 and a second frequency 304. The first frequency 302 and the second frequency 304 are used in

adjacent sectors, e.g. first sector 306 and second sector 308 by respective hub terminals at the hub site.

Then, the first frequency 302 is reused in alternate sectors, e.g. the third sector 310, and so on. An alternate sector refers to a sector next to the adjacent sector. For example, the third sector 310 using the first frequency 302 is an alternate sector of the first sector 306 while the second sector 308 using

- 5 the second frequency 304 is adjacent to the first sector 306. The first sector 306 and the second sector 308 shown in FIG. 3A are 90 degree sectors.

Advantageously, each sector, e.g. the first sector 302 and the second sector 304, supports respective frequency subchannels of the first frequency channel and the second frequency channel. Each subchannel supports multiple modulation modes (e.g. QPSK, 16-QAM, and 64-QAM, 10 but is not limited to these modulation modes) within the 90 degree sector. In contrast, a prior art frequency reuse only supports one modulation mode per subchannel and does not support more than one modulation mode being reused in alternate sectors using the same frequency.

The frequency reuse in this embodiment supports 64-QAM modulation which poses a special problem since the 64-QAM modulation is extremely sensitive to interference. In order to 15 accomplish the frequency reuse with a high order modulation, such as 64-QAM, a sectored antenna must be used at each hub terminal using a subchannel within each sector in order to transmit without interfering with alternate subchannel transmissions in the adjacent sectors. The sectored antenna is used as the same antenna shown at the outdoor units of the hub terminals in FIGS. 1 and 2.

- 20 Additionally, the sectored antenna must have reduced or low level sidelobes so as to transmit the narrow beam without causing interference with alternate sectors using the same frequency. The sidelobes of the sectored antenna must be sufficiently reduced to support use of the 64-QAM modulation. Thus, the sidelobes are reduced at 1.5 times the sectored antenna beamwidth. Also, the sidelobes must be at a low level, such as no greater than 35 dB below the peak gain of the sectored antenna so as not to interfere with the 64-QAM signals in the frequency being used in the alternate 25 sectors. Thus, the sidelobe characteristics enable use of the frequency reuse with a high order modulation, such as 64-QAM.

The diagram in FIG. 3B shows the same frequency reuse for 2 channels; however, the first sector 306 and the second sector 308 are 45 degree sectors. Again, the hub terminals in each 30 sector must have a sectored antenna with sufficiently reduced sidelobes to transmit using multiple modulation modes, including 64-QAM, into the 45 degree sector without causing interference into the alternate sectors using the same frequency.

- 35 Alternatively, this embodiment is not limited to only 90 degree and 45 degree sectors, and other sector sizes may be selected, e.g. a 22.5 degree sector. Furthermore, both subchannels using the different frequencies could be located in the same sector. Thus, two hub terminals would be in each sector, each transmitting over subchannels of the different frequency channels.

Air Interface

Referring next to FIG. 4, a diagram of the TDMA superframe air interface format 400 of the present embodiment is shown. The point to multipoint superframe format 400 used in both the uplink and downlink directions comprises N frames 402. The significance of the frames 402 is 5 explored below. The superframe format is created in the multi-modulation modem described in FIG. 11.

Referring next to FIG. 5, a diagram of an air interface frame format corresponding each of the N frames of the superframe format of the present embodiment FIG. 4 is shown. The air interface frame format 500 includes an overhead section 502, a spare section 504, and a traffic section 10 506. The traffic section 506 may contain QPSK Quad Bursts 508, 16-QAM Quad Bursts 510, QPSK Single Bursts 512, 64-Qam Quad Bursts 512, and 16-QAM Single Bursts 514.

The TDMA air interface frame format 500 in FIG. 5 corresponds to one of the N frames in the superframe format shown in FIG. 4. Advantageously, in the present embodiment, the air interface frame format 500 is designed to provide for both TDM and ATM transport. The key for 15 providing both TDM and ATM transport on the same air interface frame format 500 is that the TDM traffic is formatted into TDM cells having the same size as ATM cells (see FIGS. 28 and 29). This formatting is done at the SSI modules of the indoor units of both the remote terminals and the hub terminals. The TDM cells and ATM cells both contain header information to distinguish them. Thus, the TDM cells and ATM cells are multiplexed onto a bus frame format which maps directly to 20 the air interface frame format 500 (see FIG. 15). The uniquely designed air interface frame format 500 provides the necessary structure to transport the mixed traffic (ATM and TDM) as well as a unique structure to interchange differently modulated traffic bursts.

Furthermore, the capacity of the radio communication link is a function of the 25 modulation modes selected for the respective traffic bursts since the air interface frame format 500 has differently sized bursts depending on the modulation used. The multi-modulation modems and the bus controllers of the indoor units of both the hub terminals and the indoor units of the remote terminals contain the air interface frame formatting logic necessary to create the air interface frame format 500 and is further described in FIGS. 9 and 11.

In practice, the air interface frame format 500 is the same in the uplink and 30 downlink, whereas prior art point to multipoint systems use an air frame format supporting continuous transmission the downlink (TDM) and discontinuous (TDMA) in the uplink. The air interface frame format 500 has an overhead section 502 for system management and dynamic bandwidth allocation purposes. The overhead section 502 contains m time slots containing QPSK bursts. The overhead section 402 contains QPSK bursts since QPSK is the lowest order modulation 35 (least bits/second/Hz) of the modulation modes used by the present embodiment; thus, having the farthest range. Thus, all remote terminals in the point to point system are designed to receive at least QPSK modulated bursts so that they can receive the overhead messaging. The overhead section 502 is

further discussed with reference to FIG. 8. The spare section 504 separates the overhead section 502 from the traffic section 506.

The traffic section 506 of the TDMA air frame format 500 carries the payload (ATM cells and TDM cells) to and from the remote terminals and the hub terminal. The TDMA air frame format is used in both the uplink and the downlink and supports burst-by-burst modulated traffic. The point to multipoint system of the present embodiment supports QPSK Quad Bursts 508, 16-QAM Quad Bursts 510, QPSK Single Bursts 512, 64-QAM Quad Bursts 512, and 16-QAM Single Bursts 514. The present embodiment is not limited to the above modulations and could also be configured to support other modulations known in the art, such as BPSK, 128-QAM, 256-QAM, and 32-QAM.

The traffic bursts within the traffic section 506 are differently sized and are conveniently designed as integer multiples of each other depending on the modulation selected for a particular burst. Alternatively, the bursts could be designed as multiples of each other without being integer multiples. The air interface frame format generally holds n QPSK Quad bursts in the traffic section 506. The number of bursts n is a function of the frequency used as described further below. Thus, the Quad QPSK burst 508 is x symbols in length and supports a quad DS0 as known in the art. The 16-QAM quad burst 510 is x/2 symbols in length and supports a quad DS0. The QPSK single bursts 512 and 64-QAM quad bursts 512 are x/3 symbols in length and support a single DS0 and a quad DS0, respectively. The 16-QAM single bursts 514 are x/6 symbols in length and support a single DS0. A DS0 or digital signal level zero is a term known in the art of telecommunications; thus no further explanation is needed.

Advantageously, the relationship between the sizes of the bursts enables the point to multipoint system to mix and match different bursts using different modulation modes within the same fixed size air interface frame format 500. The QPSK Quad burst 508 is twice as long as the 16-QAM Quad bursts 510, three times as long as the QPSK Single burst 512 or the 64-QAM Quad burst 512, and six times as long as the 16-QAM Single Burst 514. Also, if the air interface frame format can hold n QPSK quad bursts 508, then it can hold 2n 16-QAM Quad bursts 510, 3n QPSK single bursts 512 or 64-QAM quad bursts 512, and 6n 16-QAM single bursts 514. These size relationships enable a very efficient use of the bandwidth available in the air interface frame format at 500. This departs from air frame format used in a conventional point to multipoint system containing fixed size air bursts that are modulated using only one modulation mode.

Furthermore, since the air interface frame format 500 transmits using proportionately sized traffic bursts using multiple modulation modes, a change in transmissions to any one remote terminal does not require that a new time plan be redistributed. In a prior art system, the remote terminals are told which timeslots to "listen" to through the use of a timeplan. Thus, if a new remote terminal is added or removed or one of the remote terminals has increased or decreased needs, then the timeplan is altered and a new time plan must be distributed to all remote terminals.

Advantageously, the present embodiment does not need to redistribute a new time plan for the respective remote terminals to receive the respective traffic bursts. Simply, the remote terminals only demodulate the portions of the traffic section 506 that they are configured to demodulate. For example, a remote terminal in the closest region will demodulate only the traffic 5 bursts using 64-QAM and not the traffic bursts using QPSK or 16-QAM. Note that it does not matter which timeslot the 64-QAM bursts are in within the traffic section 506, since the remote terminal will receive regardless of what timeslot it is in. Therefore, a new timeplan is not needed, in fact a timeplan is not needed at all. Thus, the remote terminals are able to receive the bursts independently 10 of a timeplan. This represents a technique of demand assigned multiple access without the use of a timeplan, or independently of a timeplan.

The present embodiment provides messaging through the QPSK modulated bursts in the overhead section 502 to route the traffic bursts once demodulated at the indoor units of the remote terminals. All remote terminals are configured to demodulate the overhead bursts. Note, however, 15 that a new timeplan is sent in order for the SSI modules to determine which cells to take off of the multi-transport mode cell bus (see FIGS. 20-25B), but a new timeplan is not needed for each remote terminal to receive certain traffic bursts over the air interface. Additionally, one less frame for latency is needed than in a conventional time plan.

In the preferred embodiment, the length of the air interface frame format 500 is 6 msec and there are 8 frames in the 48 msec superframe format of FIG. 4. The 6 msec frame length 20 which corresponds to 48 bytes of DS0 samples of TDM data taken every 125 μ sec (at 8 kHz). As briefly stated above, and more fully explained below, in order to allow for the use of multi-transport mode features, the TDM data is formatted into TDM cells that are similar to the standard ATM cells (see FIGS. 28 and 29). Thus, 48 bytes of DS0 samples are needed to fill the appropriate data section 25 of the TDM cell so the air interface frame format 500 must be at least 48 X 125 μ sec = 6 msec in length to gather enough TDM bytes to fill the a traffic burst. Thus, the traffic section 506 could fit 57 QPSK quad bursts 508, 114 16-QAM quad bursts 510, 171 QPSK single bursts 512 or 64-QAM quad bursts 512, or 342 16-QAM single bursts 514 total or various combinations of the above traffic bursts. Again, the given lengths are all a function of the frequency used and the length of the data cells used 30 that are formatted into traffic bursts, and the present embodiment is not limited to these specific lengths.

Since the air interface frame format 500 supports three modulation modes in a burst-by-burst fashion, a single hub terminal (sector radio) can transmit to all remote terminals in a sector regardless of which region within the sector the remote terminals are located. For example, the hub terminal will transmit using QPSK to remote terminals in the farthest region up to 3 km, while 35 the hub terminal will transmit to the closest remote terminals with 64-QAM, and the 16-QAM for the remote terminals in a middle region, all within the same air interface format 400. This allows the most efficient use of the communications channel by using the highest order modulation (most

bits/second/Hz) possible for each remote terminal and still retain satisfactory quality. Thus, the remote terminals in the farthest region use the lowest order modulation available (e.g. QPSK) while the remote terminals in the closest region use the highest order modulation available (e.g. 64-QAM).

Referring next to FIGS. 6, a diagram of a traffic burst format used in the air

- 5 interface frame format of FIG. 3 is shown including a split preamble feature. The traffic burst 600 includes: a preamble 602 containing guard 606, ramp 608, first unique word 610, second unique word 611, a first data/spare section 612, and a second data/spare section 614; data section 604; and a parity 606. Also shown is the preamble split length 613.

- 10 The traffic burst 600 is generically shown in one format, but is intended to describe the format of a QPSK quad burst, 16-QAM single burst, etc. The data section 604 and the first data/spare section 612 and the second data spare section 614 are differently divided according to what type of burst is used, as described in FIGS. 7A and 7B, and the length of the traffic burst 600 will vary depending on the modulation mode selected. Thus, the traffic burst represents a format for the traffic bursts shown in FIG. 5. In one embodiment the data section 604 and the first and second data/spare sections 612 and 614 are designed to carry small sized data cells; for example, the 53 byte ATM cells in FIG. 28 and the 53 byte TDM cells of FIG. 29.

- 15 The preamble 602 of the traffic burst 600 contains entirely known sections including the guard 606, and ramp 608. However, the preamble 602 is unique in that instead of one unique word that would be used in a prior art preamble, the preamble is a "split preamble" in which the unique word is divided into a first unique word 610 and a second unique word 611. The first unique word 610 and the second unique word 611 are separated by the first data/spare section 612.

- 20 The first unique word 610 and the second unique word 611 are split as shown so that the multi-modulation modem of FIG. 11 can accurately estimate the channel characteristics including the frequency offset and the phase offset in received bursts. The frequency and phase estimation are done at the multi-modulation modem and the specific functions of the first unique word 610 and the second unique word 611 are shown in FIG. 12. Advantageously, the first unique word 610 and the second unique word 611 are separated by the first data/spare section 612 making up a preamble split length 613.

- 25 The preamble 602 precedes each TDMA burst and provides synchronization symbols and guard time between uplink TDMA bursts. As discussed in FIG. 12, the traffic throughput is optimized since the traffic is contained within the data section 604, the first data/spare section 612 and the second data/spare section 614. Depending upon the specific burst type (shown in FIGS. 7A and 7B) and the size of the traffic burst (shown in FIG. 5), depending on the modulation mode used, the traffic burst 600 may not include a second data/spare section 614 or the second data/spare section 614 may only contain spares and not data. Similarly, the first data/spare section 612 may contain partial or no data, but only spares. Advantageously, the first and second data/spares sections 612 and 614 should contain data (or traffic) in order to optimize the traffic throughput.

Additionally, the traffic burst 600 includes a parity 606 which may be at the end of the traffic burst 600 as shown or contained within the preamble (not shown). An additional postamble (not shown) including a ramp down and guard may be appended to the traffic burst 600. The bursts mentioned are not limited to quad bursts and single burst, but could comprise other types of bursts known in the art.

5 Referring next to FIGS. 7A and 7B, diagrams are shown of a quad burst and single burst, respectively, that are part of the data section and data/spare sections of the traffic burst shown in FIG. 6. The quad burst 700, shown in FIG. 7A, has a spare 702 and data fields 704 containing a header 706 and a data section 708. The single bursts 710, shown in FIG. 7B, have a spare 702 and a single data field 704 containing a header 706 and a data section 708.

10 In practice, the quad burst 700 shown in FIG. 7A is the first of two burst types, the second being a single burst 710 shown in FIG. 7B. The quad burst 700 has 4 data fields 704 that hold 4 data cells while the single burst 710 has 1 data field 704 that contains 1 data cell as shown in FIGS. 28 and 29. Each data cell contains the header 706 and data section 708. The data cells in the data fields 704 can be either ATM cells (FIG. 28) or specially formatted TDM cells (FIG. 29).

15 An important feature of the air interface frame format is that it is configured to carry both ATM and TDM data. Since a standard ATM cell is 53 bytes in length having 5 bytes for identifiers and 48 bytes of data, each data field 704 (whether in a quad burst or single burst) of the air interface frame format must be 53 bytes in length or greater. Thus, if the air interface frame format is carrying TDM data, the TDM cell that fits in the data field is also 53 bytes in length or greater.

20 Advantageously, as will be discussed in FIG. 29, a TDM cells contained within the data fields 704 use 5 bytes for header information and 48 bytes for data similar to ATM cell. The 48 bytes of DS0 samples of TDM data needed to fill the data field 508 dictate the length of the air interface frame format. As earlier stated the length must be at least 6 msec in order to sample enough data to fill the data field 704 (corresponding to 48 125μs (8 kHz) pulse code modulated (PCM) frames during the 6 msec air frame). Note that the designer could alter the rate at which sample were taken and; thus, the minimum air interface frame format length would be altered. For a more detailed look at the structure and advantages of the structure and advantages of the structure of an ATM cell and specially designed TDM cell, see FIGS. 28 and 29.

25 It is also important to show that the data fields 704 and spare 702 occupy the space within the traffic burst of FIG. 6 including the data section 604, the first data/spare section 612 and the second data/spare section 614. As the traffic burst is received over the air interface, the data within the first and second data/spare sections 612 and 614 and the data section 604 of the traffic burst are concatenated by the multi-modulation modem and then subdivided into the quad burst 700 and single burst 710. Thus, the spare 702 and the data fields 704 of FIGS. 7A and 7B map to the data section 604 and first and second data/spare sections 612 and 614 of FIG. 6.

30 Furthermore, the data sections 708 (also referred to as subslots) of the data fields 704 of the quad burst 700 and the single burst 710 can carry data from multiple DS0s in one of

several modes. In the embodiments shown in FIGS. 29 and 42 through 43, data from several DS0s may be carried by the TDM cells within the data fields 704. In TDM mode, 48 bytes of PCM samples of the DS0 are carried with an appropriate header 706. The header 706 contains signaling, such as channel associated signaling. Additionally, the header 706 of the TDM cell uses an ATM header

5 (VPI) in order to distinguish it from the ATM cells and is discussed in FIG. 29. The quad burst format 700 can also carry ATM traffic as a DS0 where an ATM cell (53 bytes) is carried.

Alternatively, the twenty-five data fields 704 can be aggregated to carry a DS1 in ATM Adaptation Layer 1 (AAL1). The bandwidth will be sufficient to handle a +/-200 ppm clock offset between the network frame timing and the user's (potentially different) clock rate.

10 As stated, the air interface frame format is formatted such that it carries both ATM and TDM traffic, whereas prior art systems require separate airframe formats for ATM and TDM communications links. The TDM data has been formatted in a specially designed TDM cell that is the same size as the ATM cell and; thus, the air frame format does not distinguish between ATM and TDM cells. The SSI modules format the TDM cells and multiplex them onto a multi-transport mode cell bus along with ATM cells. Then, the multi-transport mode cell bus frame format is then directly mapped to the TDMA air interface frame format. Thus, it is the SSI modules distinguish the ATM and TDM traffic. The details of how the ATM and TDM cells on the multi-transport mode cell bus mapped to the air interface frame format are discussed with reference to FIGS. 15 through 18. The details of how the ATM cells and TDM cells are formatted for the cell bus frame format of the multi-
15 transport mode cell bus are discussed further in the specification. Such features provide one method of how to implement the air interface frame format within the point to multipoint system.

20 Referring next to FIG. 8, a diagram of the overhead section 800 of FIG. 5 is shown. The overhead section 800 includes m timeslots containing overhead bursts. Shown are maintenance slots 802, three remaining timeslots 804 and an acquisition slot 806. Each air
25 interface frame of the superframe has m overhead timeslots. Overhead bursts are transmitted within the various maintenance timeslots 802 using QPSK only to ensure a constant size overhead section and because QPSK offers the greatest transmission range of the presently used modulations in this embodiment. Thus, all remote terminals, even the remote terminals in the farthest region, can receive and transmit overhead bursts.

30 Each remote terminal is assigned one maintenance slot 802 within the superframe format of FIG. 4; thus, for example, if there are 9 maintenance slots 802 and 8 frames in a superframe, then 72 remote terminals (9 maintenance slots X 8 frames) can be supported in one superframe structure. The remaining three slots 804 are used for other purposes in Frame 1 through Frame N-1 of the superframe format of FIG. 4, such as random access via the ALOHA protocol,
35 acknowledgment, and a dedicated channel to the remote terminal. In Frame N of the superframe format of FIG. 4, the three overhead slots 804 are combined to form an acquisition timeslot 806 in the

uplink direction. An acquisition burst is transmitted during this long acquisition timeslot 806 and provides a mechanism to calibrate the transmission timing for the remote terminal.

The acquisition slot 806 is also used in one embodiment of the present invention that uses a 1:N redundancy system as described in FIGS. 37 and 38.

5 The overhead section 800 contains several types of bursts including: maintenance bursts, random access bursts, response bursts, and a shortened calibration burst. The maintenance bursts (within the maintenance slots 802) provide a communications path between the remote terminal and the hub terminal whether or not that remote terminal is carrying traffic. The random access burst (within the remaining timeslots 804) in the uplink allows the remote terminal to request
10 bandwidth in Demand assigned multiple access (DAMA) operation (see FIG. 35). The response burst (remaining timeslots 804) in the uplink is used by the remote terminal to acknowledge protocol messages sent by the hub terminal. And the acquisition burst (within the acquisition timeslot 806) is used by the remote terminal during installation to determine its correct timing offset.

15 Advantageously, the overhead section 800 allows the remote terminals to transmit control information without contention. Thus, each remote terminal is in regular contact with the point to multipoint hub terminal for reporting alarms and for performing real time power control once every superframe format.

Remote Terminal

20 Referring next to FIG. 9, a block diagram illustrating a remote terminal 900 (multi-mode remote terminal) as initially described in the embodiment of the present invention shown in FIGS. 1 and 2. The remote terminal 900 is a radio system and includes outdoor unit (ODU) 902 (also referred to as a transceiver unit) having an antenna 904. The remote terminal 900 also includes an intrafacility link (IFL) 906 and an indoor unit (IDU) 908 (also referred to as a channel processing unit). The indoor unit 908 contains a maintenance port 910, multi-transport mode cell bus 912, 4 service specific interface modules 914 (SSI modules), and a channel and control module 916 (CCM). The channel and control module 916 includes: an IF-transceiver section 918 and a baseband section 920. The IF-transceiver section 918 includes an IFL interface 922, upconverter 924 and downconverter 926. The baseband section 920 includes a multi-modulation modem 928, a bus controller 930, a control processor 932, and control signals 934.

25 The outdoor unit 902 (transceiver unit) communicates with the indoor unit 908 (channel processing unit) via the intrafacility link 906. The IF-transceiver section 918 is coupled to the intrafacility link 906 via the IFL interface 922. The upconverter 924 and downconverter 926 are coupled between the multi-modulation modem 928 and the IFL interface 922. The bus controller 930 is coupled to the multi-modulation modem 928 and the multi-transport mode cell bus 912. The multi-transport mode cell bus 912 is also coupled to the 4 SSI modules and the control processor 932. The

control processor 932 is coupled to the maintenance port 910 and sends control signals 934 to the IFL interface 922, upconverter 924 and downconverter 926.

- In practice, the remote terminal 900 comprises two subsystems; the outdoor unit 902 and the indoor unit 908. The outdoor unit 902 is an integrated unit having an antenna, up converter power amplifier and down converter, all of which are known in the art. The antenna is a circular antenna with a protective raydome. The outdoor unit 902 of the remote terminal 900 communicates through the antenna 904 to the outdoor unit of the hub terminal through the 38 GHz radio frequency communications channel. Thus, the outdoor unit 902 functions as a transceiver unit. There are two transmit bands for the transmit function of the outdoor unit 902. The low band is from 38.6 to 38.95 GHz and the high band is from 38.95 to 39.3 GHz. The receive bands for the outdoor unit 902 are low band at 39.3 to 39.65 GHz and the high band from 39.65 to 40.0 GHz. The outdoor unit 902 receives its timing reference from the hub terminal over the air interface. Signals are received and then downconverted to the intermediate frequency (IF) for transmission on the intrafacility link 906 (IFL) to the indoor unit 908. The intrafacility link 906 is a single cable, such as a type 3 VSAT cable made by Comscope, that is a low loss cable. The IFL 906 that supports up to 1000 feet.

The intrafacility link 906 carries the following: DC power to the outdoor unit 902 from the indoor unit 908, transmit data at the intermediate frequency, receive data at the intermediate frequency, a reference frequency and telemetry. The IFL link 906 occupies bandwidth for the uplink and downlink of 12.5 MHz in each direction, centered at 160 MHz and 70 MHz respectively.

- The indoor unit 908 of the remote terminal 900 is typically mounted inside the subscriber premises, typically within a wiring closet. The indoor unit 908 consists of the following modules: the channel and control module 916 (CCM), SSI modules 914 and backplane power supply unit (not shown) and chassis (not shown). It is a stand alone unit that houses up to four service specific interface modules 914 (SSI modules). The indoor unit 908 is powered by 110 volt AC input. An optional 48 volt DC input can be included. The channel and control module 916 consists of an IF transceiver section 918 and a digital baseband section 920. The IF transceiver section 918 contains an IFL interface 922, an upconverter 924, a downconverter 926, while the digital baseband section 920 contains the multi-modulation modem 928, the bus controller 930 and the control processor 932. The multi-transport mode cell bus 912 (or SSI bus) provides the connection to the four SSI modules 914, the control processor 932 and the bus controller 930.

- The IF-transceiver section 918 of the CCM 916 supports one 12.5 MHz subchannel carrying QPSK, 16-QAM or 64-QAM modulation. The upconverter 924 is in the transmit path to the outdoor unit 902 via the intrafacility link 906. The upconverter 924 receives the modulated data from the multi-modulation modem 928, converts it to analog, filters it and shifts it in frequency. The downconverter 926 receives the signal from the outdoor unit 902, filters it, provides automatic gain control, converts the signal into a digital signal, then carries the signal to the multi-modulation modem 928. The IFL interface 922 functions as a multiplexer, which allows multiple signals to be

carried between the indoor unit 908 and the outdoor unit 902 on a single coaxial cable. The purpose of the IFL interface 922 is to separate the signals coming from the outdoor unit 902 to their respective circuits in the indoor unit 908. It also combines the signals coming from the indoor unit 908 onto the coaxial cable going toward the outdoor unit 908. The signals sourced by the indoor unit 908 are the 5 synthesizer reference, DC power, telemetry, and transmit intermediate frequency. The signals received by the indoor unit are the receive intermediate frequency and telemetry. The components and implementation of the IF-transceiver section are well known in the art.

The main functions of the channel and control module 916 of the digital baseband 10 section 920 are as follows: modem functions, air frame formatting, air interface protocol, internal SSI bus interface and multiplexing, maintenance port, control processing, SSI monitoring as well as control and operations administration and management functions.

The multi-modulation modem 928 is implemented as an ASIC (Application Specific Integrated Circuit), which includes the modulation, demodulation, air frame formatting air interface protocol, and the Reed Solomon encoder/decoder functions. The multi-modulation modem 728 15 supports TDMA burst types using QPSK and 16-QAM and 64-QAM on a burst-by-burst basis. The demodulator also contains a tracking section to compensate for multi-path conditions in 16-QAM and 64-QAM. The modulator houses the proper air frame formatting logic. The multi-modulation modem 928 is described in further detail with reference to FIG. 11.

The control processor 932 is a reduced instruction set code (RISC) processor and 20 acts as the host processor of the indoor unit 908. The control processor 932 is the controller of the major functions of the indoor unit 908, such as configuration, alarm monitoring, and messaging back to the element management system (EMS) via the over the air control channel (the overhead section of FIG. 8). The control processor 932 also sends control signals, as known in the art, to the IF-transceiver section 918 to for gain control. The maintenance port 910 can be connected to customer 25 provided modem devices for remote access to the remote terminal by the operator over a plain old telephone service (POTS) circuit. The status of the remote terminal 900 can be uploaded and reset through this interface.

The bus controller 930 is a field programmable gate array (FPGA) or custom logic. The bus controller 930 removes the overhead section from the air interface frame format once 30 demodulated and reinserts an intermodule communication section (IM-Com) on the multi-transport mode bus 912 used for messaging between the bus controllers (e.g. formatters) and local processors (e.g. CPUs) of the SSI modules. The IM-Com message section is discussed further with reference to FIGS. 15 and 16. Thus, as described above, the bus controller 930 maps the traffic from the air interface frame format of FIG. 3 to the multi-transport mode bus frame format of FIG. 15. The bus controller 930 also maps the traffic on the multi-transport mode bus frame format of FIG. 15 to the specific burst types of FIGS. 7A and 7B for the air interface frame format of FIGS. 3 and 6. With regard to the air interface frame format, the overhead section is used for messaging between the 35

channel and control modules 920 of the remote terminal 900 and the channel and control module of the hub terminal (described in FIG. 14). The space available on the frame format after the airframe format overhead section is removed is used advantageously for the messaging, i.e. the IM-Com section, between the channel and control module 920 of the remote terminal and the local processors 5 of the SSI modules. The bus controller 930 also contains the time plan of the air interface frame format and the multi-transport mode cell bus 912. The air interface frame format is described above in FIGS. 4-8 and the multi-transport mode cell bus is described below with reference to FIGS. 15 through 18.

The remote terminal 900 carries both synchronous (TDM) and asynchronous (ATM) 10 traffic on the multi-transport mode cell bus 912. The cell bus format is mapped to an air interface frame format using the bus controller 930. The details of how the different types of traffic are formatted for the same cell bus frame format are described below with reference to the SSI modules below.

Note that the ATM and TDM traffic on the air interface frame format have been 15 routed through the remote terminal 900 without distinguishing the traffic as being mixed. The mixed traffic on the air interface frame format is mapped directly to the multi-transport mode bus frame format to be sent out of the remote terminal 900 to the SSI modules 914. The SSI modules 914 will distinguish the ATM traffic from the TDM traffic. Advantageously, the remote terminal 900 does not have to sort the mixed traffic. The remote terminal 900 transports the traffic using a unique air 20 interface frame format and a unique corresponding multi-transport mode bus frame format to carry the mixed traffic (ATM and TDM) within the same radio system. Again, this departs from a radio system within a point to multipoint system that actually requires separate radio systems for each transport mode (ATM and TDM).

Note that not all of the functional blocks of the remote terminal are not described in 25 further detail. Their operation and implementation is understood to those in the art.

Referring next to FIG. 10, a functional block diagram of a timing recovery system used in the remote terminal of FIG. 9 to recover the timing sent from the hub terminal of FIGS. 2 and 14 is shown. The diagram 1000 includes the multi-modulation modem 1002 having a burst detector 1004; bus controller 1008 having a compare in time unit 1010 and a remote time base counter 1020; 30 and a second order loop filter 1014, digital to analog converter 1016 (D/A converter), and a voltage controlled oscillator 1018 (VCO). Also shown are a start of superframe signal 1006, remote start of superframe signal 1022, timing offset signal 1012, and a clock input 1024.

The burst detector 1004 of the multi-modulation modem 1002 is coupled to the compare in time unit 1010, which is coupled to the second order loop filter 1014. The second order 35 loop filter 1014 is coupled to the D/A converter 1016, which is coupled to the VCO 1018, which is coupled to the remote time base counter 1020. The remote time base counter 1020 of the bus controller 1008 is coupled to the compare in time unit 1010 of the bus controller 1008.

In practice, the remote terminals in the point to multipoint system recover the timing from the signals sent over the air interface by the hub terminal. Thus, the remote timing recovery is a way in which the remote terminal is able to recover the timing from the hub terminal. This timing recovery is necessary so that the indoor unit of the remote terminal can correctly

- 5 demodulate bursts received from the hub terminal. Thus, no timing rate adaptation by the modem is needed for the timing at the remote terminal and the hub terminal. The timing at the remote terminal has the same frequency and phase as the timing at the hub terminal.

Furthermore, the remote terminal uses the recovered timing to transmit air bursts back to the hub terminal. Thus, advantageously, the hub terminal does not need to recover the remote 10 timing to demodulate a burst from the remote terminal. The hub terminal only has to locate the start of the burst. Thus, there is no additional timing recovery at the hub terminal.

The remote terminal of FIG. 9, thus, uses the timing recovery system shown in FIG. 10 to recover the timing from the hub terminal. This is unique in that the timing is being recovered from a discontinuous transmission (i.e. TDMA), as opposed to a continuous transmission, from the 15 hub terminal to the remote terminal. Thus, the hub terminal may not transmit in all timeslots in order to reduce interference or the remote terminal may be located far away from the hub terminal and may only be able to decode certain the lowest order modulated bursts (e.g. QPSK in this embodiment). Recovering the timing from a discontinuous transmission creates problems since timing is measured once per superframe and large amounts of error accumulate in between, whereas in a continuous 20 transmission, the timing is measured much more often and with less error between measurements.

The timing used at the hub terminal must be a very stable clock signal, such as a stratum-1 source, as known in the art, and is further discussed with reference to FIG. 13. Stratum-1 timing sources are very expensive and the point to multipoint eliminates having a separate stratum-1 source at the remote terminals, by recovering the hub terminal timing over the air interface.

25 Therefore, the timing at the remote terminal is very accurate and stable as well.

The timing recovery is done using a phase lock loop circuit (PLL). The hub terminal transmits the first burst of every superframe in farthest reaching modulation (e.g. QPSK in this embodiment) and places a start of superframe sync word in this bursts preamble. The burst 30 detector 1004 of the multi-modulation modem 1002 detects the start of superframe sync word and generates a start of superframe signal 1006 sent to the compare in time unit 1010. The burst detector 1004 corresponds to the burst detector and parameter estimator 1146 in FIG. 11. The remote time base counter 1020 generates a remote start of superframe signal 1022 once every superframe which is also sent to the compare in time unit 1010.

35 The compare in time unit 1010 counts the time offset in between the start of superframe signal 1006 and the remote start of superframe signal 1022. The time offset is sent as the timing offset signal 1012 to the second order loop filter 1014 (which is located in the control processor in the channel and control module of FIG. 9). At the second order loop filter 1014, a

second order phase lock loop algorithm is run on the timing offset signal 1012. The second order loop filter 1014 slows down the filtering needed to accurately recover the timing in the discontinuous transmission, thus compensating for error in the discontinuous measurements. A timing recovery in a continuous transmission does not use a second order loop filter 1014. The use of a second order loop filter 1014 is unique in this application. The second order loop filter 1014 then outputs a digital number that gets translated to a voltage level by the D/A converter 1016. This voltage controls the VCO 1018. The output of the VCO 1018 is the clock input 1024, or the timing used at the remote terminal. The clock input 1024 is also fed back into the remote time base counter 1020 which is used to generate the remote start of superframe signal 1022. This timing (clock input 1024) is also distributed to all SSI modules to be used as their stable clock source.

Thus, advantageously, the remote terminal of the point to multipoint system recovers the timing sent from the discontinuous transmission of the hub terminal. A prior art point to multipoint system has its own timing source at the remote terminals and the transmission is continuous in the downlink. Furthermore, since the remote uses the same timing as the hub terminal, the hub terminal does not have to perform a separate timing recovery to demodulate the bursts received from the various remote terminals.

The various components and second order phase locked loop algorithms are known to those skilled in the art; and thus, no further explanation is needed.

20 Multi-Modulation Modem

Referring next to FIG. 8, a functional block diagram is shown for the multi-modulation modem of the indoor units of the remote terminal of FIG. 7 and the hub terminal of FIG. 10. The multi-modulation modem 1100 includes a modulator 1102 and a demodulator 1104. The modulator 1102 includes: transmit data 1106, transmit buffer interface 1108, scrambler 1110, Reed-Solomon encoder 1112, and a modulation selector unit 1114 including a byte-to-symbol converter 1116, burst formatter 1118 and constellation lookup 1120. The modulator 1102 also contains a pulse shaper 1122, halfband filter 1124, ramper 1126, linearizer 1128, IF modulator 1130, sinc distortion compensation filter 1132, and the transmit IF 1134. The demodulator 1104 includes: receive IF 1136, matched filter and downconverter 1138, an acquisition section 1140 including a precorrelation filter 1144 and burst detector and parameter estimator 1146. The burst detector and parameter estimator 1146 outputs a gain estimate signal 1148, timing estimate signal 1150, phase estimate signal 1152 and frequency offset estimate signal 1154. The demodulator 1104 also contains a tracking section 1142 including an automatic gain control 1156 (AGC), equalizer and phase rotator 1158, multi-modulation slicer 1160, and a carrier recovery loop 1162. Also shown in the demodulator 1104 is the coefficient memory 1164, symbol to byte converter 1166, Reed-Solomon decoder 1168, descrambler 1170, and output buffer 1172.

The multi-modulation modem is an application specific integrated circuit (ASIC) especially created to perform burst-by-burst modulation using three different modulations: QPSK, 16-QAM, and 64-QAM. The multi-modulation modem 1100 is not limited to these modulations, but could be configured to support BPSK, 32-QAM, 128-QAM, and 256-QAM modulations, for example.

- 5 Advantageously, the multi-modulation modem is able to switch between modulations on a burst-by-burst basis. Alternatively, the multi-modulation modem could be configured to switch modulations on a frame-by-frame basis. The multi-modulation modem 1100 creates the air interface frame format as described in FIGS. 4-8 above. Thus, the multi-modulation modem switches between differently modulated traffic bursts and different types of traffic bursts. Advantageously, this enables a single
10 hub terminal of the point to multipoint system to communicate with all of the remote terminals in its particular sector regardless of which region the remote terminal is located. Additionally, this enables efficient use of the available bandwidth since communications with remote terminals that are radially closer to the hub terminal can be accomplished using a modulation mode that requires less bandwidth (such as 64-QAM) than a modulation mode for a remote terminal located farther away (such as
15 QPSK). Furthermore, the same multi-modulation modem 1100 can be used at the remote terminal and the hub terminal.

The multi-modulation modem 1100 has two main systems: the modulator 1102 and the demodulator 1104. The modulator 1102 operates at up to 10 Mbaud (or 10 Msps) with a design goal of 12.5 Baud. The IF center frequency is two times the baud rate, or 20 MHz nominal. As
20 transmit data 1106 enters the modulator from the bus controller of the indoor unit (see FIGS. 9 and 14), it is input through a transmit buffer interface 1108. The transmit buffer interface 1108 is a ping-pong buffer allowing back to back bursts. Next, the data is scrambled for energy dispersion by the scrambler 1110. The scrambler is coupled to the Reed-Solomon encoder 1112 in which encodes the data. The Reed-Solomon encoder 1112 is coupled to the byte-to-symbol converter 1116 of the
25 modulator selector unit 1114.

The modulation selector unit 1114 is the component of the multi-modulation modem 1100 that enables the multiple modulations to be used. The symbol-to-byte converter 1116, which is coupled to the burst formatter 1118. The byte-to-symbol converter 1116 is programmable and converts the bytes to modulation symbols needed for the particular modulation each burst will be
30 modulated with (e.g. QPSK, 16-QAM, and 64-QAM). The burst formatter 1118 is coupled to the constellation lookup 1120. The burst formatter 1118 formats the symbols to a burst type, such as a quad burst or a single burst as discussed in FIGS. 7A and 7B. A preamble and post-amble can be appended to the burst by the burst formatter 1118 as well. The constellation lookup 1120 is
35 programmable and formats the burst according to one of the three constellations it is configured for: 4 (QPSK), 16 (16-QAM), or 64 (64-QAM). The constellations are programmable and are not limited to square constellations. Constellations such as multi-level circular 64 point constellations may be used. Thus, advantageously, the modulation selector unit 1114 can format the bursts using a plurality of

modulations on a burst-by-burst basis. This represents an improvement over the prior art modems which only modulate using one modulation.

Next, the symbols are passed through a programmable pulse shaper 1122, such as a root-raised cosine filter, which interpolates the signal. Next, the signal goes through the halfband filter 1124. The ramper 1126, which is a programmable ramp, applies a ramp at the start and end of the burst. The linearizer 1128 is coupled to the ramper 1126 and compensates for non-linear distortion. Next, the IF modulator 1130 modulates the signal to the intermediate frequency (IF). Next, the sinc distortion compensation filter 1132, which is an FIR filter, compensates for the sinc distortion as the transmit IF 1134 leaves the multi-modulation modem 1100. The transmit IF 1134, alternatively, may go to a loopback for self-testing. The functional blocks of the modulator portion 1102 all receive burst and timing control signals and a table access interface couples to the transmit buffer interface 1108, burst formatter 1118, constellation lookup 1120, ramper 1126, and linearizer 1128. The transmit IF 1134 is destined for the IF-transceiver section of the indoor units of the remote terminals and the hub terminals (see FIGS. 9 and 14).

The demodulator 1104 is fed the complex bandpass signal samples or the receive IF 1136. These samples are filtered using a matched filter and downconverter 1138. The output of the matched filter and downconverter 1138 is a complex baseband I/Q signal. The demodulator is divided into two sections, the acquisition section 1140 and the tracking section 1142. The downconverted samples are sent to both of these sections.

The acquisition section 1140 consists of the precorrelation filter 1144 and the burst detector and parameter estimator 1146. The bursts received are one of two types: maintenance bursts (overhead) and traffic bursts. At the start of the maintenance bursts, the precorrelation filter 1144, which is an FIR filter, is loaded with default coefficients from the coefficient memory 1164. The default coefficients are default interpolation coefficients from the coefficient memory 1164. When the precorrelation filter 1144 has default coefficients, the burst detector and parameter estimator 1146 will provide the true timing offset as seen by the demodulator 1104. This timing estimate is sent as timing estimate signal 1150 to the equalizer and phase rotator 1158. The timing estimate is used by the equalizer and phase rotator 1158 of the tracking section 1142 to select a set of interpolator coefficients. These interpolation coefficients are for all possible timing offsets for the different channels (for each remote terminal) are then stored in the coefficient memory 1164 to be used for the following traffic bursts received from the different channels.

At the start of a traffic burst, the precorrelation filter 1144 is loaded with the coefficients present in the coefficient memory 1164 (determined from the maintenance bursts). This enables the burst detector and parameter estimator 1146 to provide better estimates of the parameters as the samples arriving at the burst detector and parameter estimator 1146 have been equalized for channel distortion. In the coefficient memory 1164, a separate set of interpolator coefficients is stored corresponding to each channel that each remote terminal communicates through. Thus, the

precorrelation filter 1144 is loaded with the coefficients belonging to the remote terminal (or hub terminal) that the traffic burst originated.

This is a departure from the prior art in that a prior art demodulator does not typically contain a precorrelation filter at all. The I/Q signal is simply sent to a burst detector.

- 5 Furthermore, the precorrelation filter is loaded with coefficients in a unique way to enable more accurate estimation of the parameters (timing, gain, frequency offset, and phase) at the burst detector and parameter estimator 1146 since the channel has been equalized for distortion.

Thus, the maintenance bursts for respective remote terminals go through the precorrelation filter 1144 with default coefficients (non-equalized) in order to select equalized
10 coefficients, for each respective remote terminal, which are loaded back into the precorrelation filter 1144 as traffic bursts are received from each respective remote terminal. The equalized coefficients are selected based on the timing offset for the maintenance burst. This process enables the burst
15 detector and parameter estimator 1146 to obtain better parameter estimates of the traffic bursts of the burst detector and parameter estimator 1146 since the respective channels have been equalized prior to entry into the burst detector and parameter estimator 1146 by the precorrelation filter 1144 being preloaded with respective interpolation coefficients.

The output of the precorrelation filter 1144 then goes to the burst detector and parameter estimator 1146 which detects the unique word of the preamble to signify a burst is present.
The burst detector can detect the start of a burst or the start of a frame or superframe. This ensures
20 that the demodulator 1104 will know when the start of the air interface frame format is. Once a burst is detected, the initial parameters are estimated including the timing offset, gain estimate, phase estimate, and frequency offset estimate. FIG. 11 shows the details of how the frequency offset and phase offset is determined with the use of the split preamble as shown in FIG. 6. The burst detector and parameter estimator 1146 then sends out the following signals: gain estimate signal 1148 to the automatic gain control 1156, timing estimate signal 1150 to the equalizer and phase rotator 1158, frequency offset estimate signal 1154 and phase estimate signal 1152 to the carrier recovery loop 1162.

At the tracking section 1142, the downconverted symbols are sent to the automatic gain control 1156. Using the initial gain estimate from the gain estimate signal, the automatic gain control 1156 (AGC) measures the power of the received I/Q samples and compares them to a programmable threshold level to generate the instantaneous power level. This instantaneous power error is filtered with a non-linear filter (within the AGC 1156) and then used to close a negative feedback loop which drives the received signal power level to the programmable threshold level.
30

The I/Q outputs from the AGC 1156 are then fed into the equalizer and phase rotator 1158. The equalizer of the equalizer and phase rotator 1158 minimizes the intersymbol interference generated by the non-ideal phase/amplitude response of the channel. Also, the equalizer and phase rotator 1158 is loaded with coefficients in two different ways depending on the burst types.
35

During the maintenance burst, the equalizer of the equalizer and phase rotator 1158 is loaded with interpolator coefficients stored in the coefficient memory 1164. The timing estimate provided by the acquisition section 1140 is used to select a set of interpolator coefficients stored in the coefficient memory 1164. The equalizer then tracks the channel variations, and at the end of the burst, the 5 equalizer coefficients are stored back in the coefficient memory 1164. Only the coefficients corresponding to the remote terminal to which the burst belongs will be updated. During the traffic burst, the equalizer gets loaded with the coefficients used by the precorrelation filter 1144. Thus, the equalizer and the precorrelation filter 1144 will be working on the same set of coefficients.

- The equalizer coefficients are adapted using the least mean square algorithm (LMS).
 10 Other algorithms, such as recursive least squares (RLS) could also be used. The equalizer can have only feed-forward coefficients or have both feed-forward and feed-back coefficients. Furthermore, the feed-forward coefficients can be fractional or symbol based.

The carrier recovery loop 1162 tracks the phase and frequency of the suppressed carrier quadrature amplitude modulation (QAM) signal. Thus, the demodulator can support both 15 QAM and QPSK modulations. At the start of tracking for each burst, the carrier recovery loop 1162 is loaded with the phase estimate signal 1152 and the frequency offset signal 1154 provided in the acquisition section 1140. The carrier recovery loop 1162 tracks the phase and frequency using a second order phase lock loop. The phase error is obtained using the input to the multi-modulation slicer 1160 (output of the equalizer and phase rotator 1158) and the output of the multi-modulation 20 slicer 1160. The output of the carrier recovery loop 1162 is then sent back to the equalizer and phase rotator 1158 in order to rotate the output prior to being sent to the multi-modulation slicer 1160. Also, this phase is used to de-rotate the error used to update the equalizer coefficients. The equalizer error is also obtained with the multi-modulation slicer 1160 input and output.

The multi-modulation slicer 1160, which is programmable, converts the equalizer 25 and phase rotator 1158 output to demodulated bits. Thus, the multi-modulation slicer 1160 maps the received data to one of the three constellations (4, 16, and 64 points) which correspond to one of the three modulations modes (QPSK, 16-QAM, and 64-QAM, respectively). Additionally, the multi-modulation slicer 1160 supports variants of the 64-QAM modulation, such as multi-level circular 30 constellations. Thus, the multi-modulation slicer 1160 enables the multi-modulation capabilities of the multi-modulation modem 1100. The multi-modulation slicer 1160 is analogous to the constellation lookup 1120 of the modulator 1102.

Additionally, the output of the multi-modulation slicer 1160 is converted from 35 symbols to bytes by the symbol-to-byte converter 1166. The symbol-to-byte converter 1166 supports three constellations, one for each modulation mode used by the modulator portion 1102. The output of the symbol-to-byte converter 1166 is sent to the Reed-Solomon decoder 1168 to be decoded. The data then goes to a descrambler 1170 which undoes the scrambling inserted by the scrambler 1110 of the modulator 1102. The descrambled data bytes are then loaded into the output buffer 1172. The

output buffer 1172 is a ping-pong buffer, so that while one buffer is being written to by the demodulator 1104, the other is being read by the baseband interface to the bus controller. This enables back to back bursts at the output buffer 1172. Thus, the output data 1174 is the signal output from the multi-modulation modem 1100 going to the bus controller of the digital baseband sections of the remote terminal and the hub terminal (see FIGS. 9 and 14).

It is also important to note that a table access interface provides the information about the frame formats and burst types associated with each of the modulations used by the multi-modulation modem 1100 and is coupled to the transmit buffer interface 1108, burst formatter 1118, constellation lookup 1120, ramper 1126, linearizer 1128, burst detector and parameter estimator 1146, and output buffer 1172.

The demodulator 1104 is controlled via a series of registers within a host interface. The registers are written to by a host microprocessor, i.e. the control processor of the remote terminals and hub terminals. Furthermore, the real time control of the demodulator 1104 is done by provided burst and timing controller logic.

Note that not all of the functional blocks have been fully described since their function and implementation are understood to those skilled in the art; thus, no further explanation is needed.

As shown, the multi-modulation modem 1100 advantageously modulates and demodulates a plurality of modulation modes on a burst-by-burst basis. The multi-modulation modem 1100 is able to switch modulations and switch burst types accordingly. The multi-modulation modem 1100 is implemented as an application specific integrated circuit (ASIC) as a single modem unit. Furthermore, it is designed so that it can be used at the remote terminals and the hub terminals of the point to multipoint system. The multi-modulation modem can be programmed to only demodulate certain modulation modes if the multi-modulation modem 1100 is to be used at a specific remote terminal within a specific region of a sector.

Alternatively, the multi-modulation modem 1100 could be implemented as three separate modems each supporting a single modulation and providing a switching means between each of the three separate modems. Regardless, the multi-modulation modem 1100 is a departure from prior art modems that support a single modulation and enables the multi-modulation aspect of the point to multipoint system of the embodiment shown in FIGS. 1 and 2.

Referring next to FIG. 12, a functional block diagram is shown of a parameter estimation performed in the multi-modulation modem of FIG. 11 and using the split preamble feature shown in FIG. 6. The frequency offset estimator 1200 includes the I/Q signal 1202 from the precorrelation filter (in FIG. 11), a first correlator 1204, delay buffer 1206, second correlator 1208, first phase estimator 1212, second phase estimator 1210, adder 1214, scaler 1216, and the frequency offset estimate 1218.

The I/Q signal 1202 enters the first correlator 1204 which is coupled to the delay buffer 1206 and the first phase estimator 1212. The delay buffer 1206 is coupled to the second correlator 1208 which is coupled to the second phase estimator 1210. The output of the first phase estimator 1212 and the second phase estimator 1210 is coupled to the adder 1214 which is coupled to the scaler 1216. The scaler 1216 outputs the frequency offset estimate 1218.

In practice, the embodiment reflected in FIG. 12 provides an accurate frequency offset estimate using the split preamble shown in the traffic burst of FIG. 6. The traffic burst has been optimized to have specified sizes so that differently modulated traffic bursts can be mixed and matched on the air interface frame format of FIG. 5. However, in order to maximize the traffic throughput of each individual traffic burst, it is desirable to have as small a preamble for each traffic burst as possible. In prior art demodulators, the preamble is used to estimate the frequency offset of the received traffic burst. Specifically, a unique word is typically inserted into the preamble. The phase is estimated over the length of the unique word portion of the preamble in order to determine the frequency offset. The length of the unique word may be, for example, about 32 symbols or 40 symbols. This symbol length should yield an accurate phase estimate to give an accurate frequency offset. If the unique word is considerably longer, the estimate will not be as accurate since the phase will change too much over the length of the unique word. If the unique word is much shorter, the phase estimate will not be accurate since the symbol interval is too short to accurately estimate the phase.

The embodiment shown in FIGS. 6 and 12 solves this problem by splitting the unique word into a first unique word 610 and a second unique word 611 with data (traffic) and/or spares in between (the first data/spare section 612 as shown in FIG. 6). The first data/spare section 612 separates the first unique word and the second unique word by a number of symbols defined as a preamble split length 613. The first unique word 610, the second unique word 611 and the first data/spare section 612 in between comprise an overall length equal to a typical unique word. Thus, two shortened unique words with data in between replace the prior art unique word; therefore, a shorter unique word is used in the preamble and the traffic throughput of the traffic burst is increased by the amount of symbols in between. As an example, a 32 symbol unique word can be replaced by an 8 symbol first unique word, 16 symbols of data, and an 8 symbol second unique word. Also, there is no requirement that the first unique word be equal in length to the second unique word. For example, the second unique word could be 16 symbols while the first unique word is 8 symbols.

As the I/Q signal 1202 (complex baseband) enters the burst detector and parameter estimator 1146 of the demodulator, it enters a first correlator 1204. The first correlator 1204 then looks for the first unique word. For example, if the first unique word is 8 symbols, the first correlator 1204 detects the first unique word comprising 8 symbols and then sends the I/Q output for the first unique word to the first phase estimator 1212. The correlation is done at the symbol rate so that every other sample is ignored. The first correlator is really two correlators, one for the in-phase component

samples (I) and one for the quadrature component samples (Q). Correlators are well known in the art; thus, no further explanation is needed.

The I/Q signal also goes to the delay buffer 1206 which accounts for the number of symbols in the first data/spare section in between the first unique word and the second unique word.

- 5 The delay buffer 1206 stores the 16 symbols of the first data/spare section. The second correlator 1208 then looks for the second unique word (e.g. 8 symbol unique word) and sends the I/Q signals for the second unique word to the second phase estimator 1210. The second correlator 1208 is also really two correlators. The first phase estimator 1212 and the second phase estimator 1210, each estimate the phase for the first unique word and the second unique word, respectively. The difference is taken
- 10 between the two phases at the adder 1214 and is scaled by the scaler 1216 to produce the frequency offset estimate 1218. The scaler 1216 divides the phase difference by the distance between middle of the first unique word and the second unique word. For example, the distance in the example would be 4 symbols + 16 symbols of data + 4 symbols = 24 symbols. The symbols are multiplied by the symbol rate to get the distance. This is a departure from a prior art frequency estimator which only contains
- 15 one correlator, not a first correlator 1204 and a second correlator 1208.

- Thus, the frequency offset estimator 1200 uses the unique split preamble shown in FIG. 6 to estimate a frequency offset in a small preamble that approximates the Cramer-Rao bound with as little as 16 symbols total between the first unique word and the second unique word. The traffic throughput is maximized while retaining accurate frequency estimation. The functional blocks
- 20 are understood to those skilled in the art; thus, no further explanation is needed.

Hub Terminal Site

- Referring next to FIG. 13, a block diagram is shown for the hub site of the embodiment of the point to multipoint system shown in FIG. 2. The hub site 1300 has a radio subsystem 1301 including hub terminals 1302, each having a main outdoor unit (ODU) 1304 and antenna 1306, backup outdoor unit 1308 and antenna 1310, intrafacility link (IFL) 1312, main indoor unit (IDU) 1314, and backup indoor unit 1316. Also shown are transmission equipment 252 system including a TDM multiplexer 1318, ATM multiplexer 1320 and timing source 1322. Also shown are DS3 lines 1324 (digital signal 3) and OC3c lines 1326 (optical carrier level 3 concatenated), a LAN router 1328, a wide area network line 1330 (WAN line), backhaul lines 1332, and a timing reference signal 1334.

- Each hub terminal 1302 (sector radio) includes a main outdoor unit 1304 having an antenna 1306 coupled to a main indoor unit 1314 via an intrafacility link 1312 (IFL). Also shown are the backup outdoor unit 1308 having an antenna 1310 coupled to the backup indoor unit 1316 via an intrafacility link 1312. The backup indoor unit 1316 (IDU) has the same connections as the main IDU 1314; thus, only the main indoor unit 1314 will be discussed. Each main indoor unit 1314 has one DS3 line 1324 to the TDM Multiplexer 1318 and one OC3c line 1326 to the ATM Multiplexer

1320. The TDM Multiplexer 1318 and the ATM Multiplexer 1320 each have backhaul lines 1332 allowing connection to a transport network (not shown). Each main indoor unit 1314 of each hub terminal 1302 is coupled to the LAN hub 1328 and the timing source 1322. The timing source 1322 sends the timing reference signal 1334 to each hub terminal 1302. The LAN router 1328 has an optional WAN line 930 to the EMS.

5 In practice, the hub site 1300 is the heart of the point to multipoint system. The hub site 1300 supports a multi-frequency, multi-sector hub. The radio channel is divided into subchannels. For example, a

10 50 MHz channel may be divided into 4 12.5 MHz subchannels. Each hub site 1300 supports one channel and each hub terminal 1302 supports one subchannel (sector). Furthermore, each sector ("pie slice" of FIG. 1) may contain more than one hub terminal 1302 depending on multiple channels at the hub site 1300 and the location of the remote terminals. Each hub terminal 1302 (sector radio) of the radio subsystem 1301 contains an outdoor unit 1304 having an antenna 1306, an intrafacility link 1312, and an indoor unit 1314.

15 The outdoor unit 1304 (also referred to as the transceiver unit) is an integrated 38 GHz transceiver and antenna 1306. The outdoor unit 1304 of the hub terminal 1302 is the same as the outdoor unit of the remote terminal as described in FIG. 9, except the transmit and receive bands are swapped with respect to the transmit and receive bands of the outdoor unit of the remote terminal. The outdoor unit 1304 upconverts the signals from the intrafacility link 1312 to the transmit frequency, and downconverts the signals from the air interface to the intrafacility frequency. It is typically located on the top of the building of the hub site 1300. Additionally, the outdoor unit 1304 may be connected to a surge protector at the entrance to the building.

20 Alternatively, since the hub terminal 1302 transmits using a discontinuous transmission (TDMA), the outdoor unit 1304 may include a switched beam antenna (not shown) as the antenna 1306, such that a switch is coupled to several antennas. Each antenna transmits to a narrow subsector, e.g. a 15-22 degree subsector. The switched beam antenna must switch between TDMA bursts of the air interface frame format. Thus, only one antenna transmits at a time, reducing interference in other sectors and hub terminals 1302. This also extends the range of the point to multipoint system by transmitting more energy/bit in a narrower beam than would be required for an antenna 1306 covering the entire sector. Thus, the magnitude of the multipath is reduced and the higher order modulations operate better. Similarly, a phased array antenna system would accomplish the same results.

25 The intrafacility link 1312 connects the outdoor unit 906 to the indoor unit 1314 and is the same as the intrafacility link 1312 used in the remote terminal and described in FIG. 9.

30 35 The indoor unit 1314 (channel processing unit) of the hub terminal 1302 is very similar to the indoor unit of the remote terminal. The indoor unit 1314 of the hub terminal 1302 also supports multiple transport modes, such as asynchronous (e.g. ATM) and synchronous (e.g. TDM),

and supports multiple modulation modes, such as QPSK, 16-QAM, and 64-QAM. It interfaces the intrafacility link 1312 and includes the channel and command module (CCM) containing an IF-transceiver section, baseband section, multi-transport mode cell bus, and four SSI ports. The internal workings of the indoor unit 1314 of the hub terminal 1302 are similar to those of the indoor unit of the remote terminal and are further discussed with reference to FIG. 14. Advantageously, the indoor unit 1314 of the hub terminal 1302 uses the same multi-modulation modem as the indoor unit of the remote terminal. Thus, advantageously, only one multi-modulation modem ASIC needs to be designed for all of the hub terminals and remote terminals of the point to multipoint system.

Some differences between the indoor unit 1314 of the hub terminal 1302 and the indoor unit of the remote terminal are the types of SSI modules used in the SSI ports and there are a few additional interfaces in the indoor unit 1314 of the hub terminal 1302 (see FIG. 14). The indoor unit 1314 of the hub terminal 1302 only uses three types of interfaces to the transmission equipment: TDM-DS3 SSI module (see Fig. 21) to interface with the DS3 line 1324, ATM-OC3c SSI module (see FIG. 22) to interface with the OC3c line 1326, and DS3 transparent SSI module (see FIG. 24) to interface with the DS3 line 1324.

In this embodiment, each hub terminal 1302 uses a 1:1 redundancy system in the event there is a failure at one of the hub terminals 1302. If either the main outdoor unit 1304 or the main indoor unit 1314 fails, then the backup outdoor unit 1308 and backup indoor unit 1316 are switched into use. The interruption of service is slight to the subscribers. The backup outdoor unit 1308 and backup indoor unit 1316 are configured exactly as the main outdoor unit 1304 and main indoor unit 1314. The remote terminal of FIG. 9 also uses a 1:1 redundancy system.

Alternatively, the hub site 1300 may use a 1:N redundancy system as described in FIGS. 37-38.

The transmission equipment 252 is the same as described with reference to FIG. 2. The TDM multiplexer 1318 and ATM multiplexer 1320 are used to transport TDM and ATM traffic, respectively, to and from the transport network (not shown). Backhaul lines 1332 connect the TDM multiplexer 1318 and ATM multiplexer 1320 to the transport network and include DS3, OC3c, and OC12c lines, for example.

Additionally, a timing source 1322 provides a synchronization plan to the hub terminals 1302. It is important that the timing source be a very stable, accurate source, such as a stratum-1 level timing source, as known in the art, since the timing at the hub terminal 1302 is used at the remote terminals and the SSI modules coupled to the remote terminals. The timing source 1322 may be an external DS1 sourced reference (GPS-sourced or other DS1 reference), DS3 line, or a DS1 embedded in a DS3. The timing source 1322 is then used to derive the symbol rate for the radio interface of each hub terminal 1302. The timing reference is also referred to in FIG. 14. If the timing source is the DS1 within a DS3 (i.e. a T1 within a DS3), the timing is usually provided by the switches at the central office that is coupled to the transmission equipment 252 via the transport

network (see FIGS. 1 and 2). In this case, if there is a drift in the timing due to an error condition at the central office, all of the hub terminals will drift as well, and no data will be lost.

Furthermore, a LAN router 1328 is provided to allow for communication between hub terminals 1302 at the hub site 1300 and for optional connection to a wide area network (WAN) via a WAN line 1330. In one embodiment, the element management system (EMS) 122 uses the WAN to communicate with each hub terminal through the LAN router 1328. The WAN line 1330 could be provided as an Ethernet 10BaseT line. Thus, the element management system can communicate with the hub terminals 1302 at the hub site 1300 through the LAN router 1328. The LAN router 1328 also allows the hub terminals 1302 to communicate with each other. Alternatively, the EMS can communicate with the hub terminal 1302 by sending messages through the transport network and backhaul lines 1323. This, advantageously, eliminates the need for a wireline connection from the EMS to the hub site 1300. This is further described with reference to FIG. 22.

The following is an overview of the traffic flow from the central office through the hub terminal. Traffic is routed by the element management system, which is located at the central office, to the hub site 1300 through a transport network, such as a SONET ring. The traffic arrives at the TDM multiplexer 1318 or the ATM multiplexer 1320 depending on the type of traffic. ATM traffic is routed to the desired hub terminal via the OC3c line 1326 while TDM traffic is routed to the desired hub terminal via the DS3 line 1324. The respective traffic is multiplexed onto a multi-transport mode cell bus at the individual SSI modules by the indoor units 1314. The multi-transport mode cell bus is discussed in FIGS. 15-18. The mixed traffic is then formatted for the radio interface and modulated to the intermediate frequency at the indoor unit 1304. The IFL 1312 carries the traffic to the outdoor unit 1304 where it is upconverted to the transmit frequency of the radio interface. Thus, the traffic is broadcast to the remote terminals within the antenna sector coverage of the outdoor unit 1304. The data flow is the opposite arriving at the outdoor unit 1304. Thus, the hub terminal 1300 of the present embodiment carries both ATM and TDM traffic, whereas prior art systems require separate infrastructures for ATM and TDM transport.

Another unique feature of the hub site is that the hub site is a modular hub site architecture. In a prior art point to multipoint system, when the hub site is created, the hub site architecture is designed as one chassis that includes cards for all of the different hub terminals that will be supported at the hub site. Each of the cards (for the hub terminals) shares a common processor, common SSI interface modules, common backplane interface, common power supply, etc., as known in the art. In other words, each of the hub terminals in a prior art system do not operate independently from the common equipment. Thus, to set up a hub site, the architecture must be set up for an entire system.

In contrast, in this embodiment of the present invention, a system designer can build a hub site with only one subchannel of a frequency channel by installing one modular hub terminal (i.e., hub terminal 1302) comprising one outdoor unit 1304 and one indoor unit 1314. The indoor

unit is a small unit, that only has two cards that supports one subchannel. To add more subchannels, simply install another modular hub terminal for each subchannel into the chassis. The modular hub terminals do not have to share a common processor, common SSI interface modules, common backplane interface, or a common power supply. Therefore, the modular hub terminals (i.e., hub terminals 1302) operate independently of the other modular hub terminals and other common equipment. Thus, the architecture for an entire prior art point to multipoint system supporting an entire channel does not need to be installed to just create a hub site with as few as one subchannel.

This is particularly advantageous since the cost is very high to install a prior art point to multipoint system that only uses one subchannel of a frequency channel. In practice, many service providers will set up a point to multipoint system that only services one or two subchannels since many subscribers may be located very close to each other, or there are very few subscribers to the point to multipoint system, or there are physical barriers (e.g. a mountain) that prevent the use of many hub terminals (each using separate subchannels). Advantageously, the modular hub site allows the point to multipoint system to grow with the demand of the subscribers without forcing the service provider to pay for an entire point to multipoint system architecture supporting an entire channel initially.

In another embodiment, the lines to the backhaul lines 1332 could be replaced by a wireless communications link (not shown) from the transmission equipment 252 to the transport network (shown in FIGS. 1 and 2) or backhaul infrastructure. The wireless communications link could be a microwave radio communications link very similar to the communications link between the hub terminals 1302 and the respective remote terminals. An antenna, e.g. a first 12" antenna, is coupled to the transmission equipment 252 and a corresponding antenna, e.g. a second 12" antenna, is coupled to the transport network. This embodiment allows for a distance of about 5 to 10 miles between the hub site and the transport network.

Referring next to FIG. 14, a block diagram is shown for a hub terminal (multi-mode hub terminal) in the embodiment shown in FIGS. 2 and 13. The hub terminal 1400 contains an outdoor unit (ODU) 1402 (also referred to as a transceiver unit) having an antenna 1404 and an indoor unit (IDU) 1406 (also referred to as a channel processing unit). The indoor unit 1406 couples to an intrafacility link 1408, maintenance port 1410, local area network (LAN) interface line 1412, T1 reference line 1414, multi-transport mode cell bus 1416, TDM DS3 SSI module 1418, ATM OC3c SSI module 1419, optional DS3 transparent SSI module 1421, and a channel and command module 1420. The channel and command module (CCM) 1420 includes: an IF-transceiver section 1422 containing an intrafacility (IFL) interface 1424, upconverter 1426, and downconverter 1428; a digital baseband section 1430 containing a multi-modulation modem 1432, bus controller 1434, control processor 1436, control signals 1437, maintenance port interface 1438, LAN controller 1440, and timing logic 1442; and also a LAN interface 1444, and T1 interface 1446.

The outdoor unit 1402 is coupled to the indoor unit 1406 via the intrafacility link 1408 which is coupled to the IFL interface 1424 within the IF-transceiver section 1422 of the CCM module 1420. The IFL interface 1424 is coupled to the upconverter 1428 and the downconverter 1426. The upconverter 1428 and the downconverter 1426 are each coupled to the multi-modulation modem 1432 of the digital baseband section 1430. The multi-modulation modem 1432 is coupled to the bus controller 1434 which is coupled to the multi-transport mode cell bus 1416. The maintenance port 1410 is coupled to the maintenance port interface 1438 which is coupled to the control processor 1436. The LAN interface line 1412 is coupled to the LAN interface 1444 which is coupled to the LAN controller 1440. The T1 reference 1414 is coupled to the T1 interface 1446 which is coupled to the timing logic 1442 of the baseband section 1432. The maintenance port interface 1438, LAN controller 1440, and timing logic 1442 are each coupled to the control processor 1436. The timing logic and the control processor are also coupled to the multi-transport mode cell bus 1416. The control processor 1436 sends control signals 1437 to the IFL interface 1424, upconverter 1428 and downconverter 1426.

In practice, the indoor unit 1406 (IDU) of the hub terminal (sector radio) is very similar to the indoor unit (IDU) of the remote terminal. The components of the IF-transceiver 1422 are exactly the same as those described in FIG. 9. The multi-modulation modem 1432 of the hub terminal 1400 is the same multi-modulation modem as described in FIG. 11. Advantageously, the multi-modulation modem 1432 is capable of transmitting using multiple modulation modes on a burst-by-burst basis and supports QPSK, 16-QAM, and 64-QAM as earlier discussed. The bus controller 1434, control processor 1436, and multi-transport mode cell bus are also the same as those in the indoor unit of the remote terminal (see previous figures for details).

However, the control processor 1436 of the digital baseband section 1430 of the hub terminal 1400 is in regular contact with the element management system. Thus, the control processor 1436 makes all of the assignments of timeslots for traffic on the multi-transport mode cellbus 1416 and the air interface. It also creates the time plan that maps the DS0's from the SSI modules to the appropriate time slots of the multi-transport mode bus frame format and air interface frame format. The control processor 1436 instructs the service specific interfaces, such as the TDM DS3 SSI module 1418, when to transmit and copy traffic from the multi-transport bus (via a time plan) and what header information to assign the mixed traffic. The control processor 1436 uses the overhead messaging of the air interface frame format to communicate with the processors of the indoor units of the remote terminals.

The maintenance port 1410 is similar to the maintenance port of the indoor unit of the remote terminal. The maintenance port 1410 is used to support laptop PC serial port connection for maintenance and testing of the indoor unit 1406. The maintenance port 1410 uses a maintenance interface 1438, such as an RS 232 Port, to interface with the control processor 1436.

The LAN controller 1440 is not in the remote terminal and is a PCI bus-based controller that provides an interface to the element management system of the central office. The LAN interface 1444 interfaces with the LAN interface line 1412 which is typically an Ethernet 10BaseT line. The LAN interface line 1412 allows connection to a wide area network (WAN). The 5 element management system uses the WAN to communicate with the LAN controller 1440. The element management system sends operations, administration, and management signals to the control processor 1436 of the CCM 1420. The LAN controller 1440 also allows the control processor 1436 to communicate with the control processors 1436 of other hub terminals 1400 at the same hub site.

The timing logic 1442 receives the timing reference source from a separate land 10 based T1 (DS1) reference line 1414 through the T1 interface 1446 and translates it into the symbol rate to be used throughout the point to multipoint system. Thus, the timing logic 1442 creates the timing used all the way to the remote terminals, including at the SSI modules (see FIGS. 20-25B) and fiber extender modules (see FIGS. 32-34) that are coupled to the remote terminals. Alternatively, the 15 reference clocking at the hub terminal 1400 may come from several sources, including: a DS3 line clock retrieved from the DS3 TDM SSI Module or a DS3 transparent line source; DS1 source embedded in a DS3-TDM SSI module from either DS1 line 1 or line 28 of the DS3-TDM SSI module; an OC3c line clock recovered from the OC3c ATM SSI module; or a DS1 reference line 1414 as shown in FIG. 13.

The reference clocking at the hub terminal 1400 is transmitted to the remote 20 terminals through the air interface. This is done by deriving the symbol rate clock at the timing logic 1442 from the input reference clock and then using the received symbol rate at the remote indoor unit to generate the required network interface clocks. It is important that the reference clocking transmitted match the landline clock stability and also meet the relevant jitter, wander, holdover, and 25 clock traceability standards. Thus, the above mentioned sources of a reference clock should be a stratum-1 level or equivalent timing source in order to provide the stability needed for the point to multipoint system.

The control processor 1436 is a reduced instruction set code (RISC) processor that runs the channel and control module and coordinates the maintenance port 1410, LAN controller 1440, timing logic 1442, and multi-transport mode cell bus 1416. It also generates control signals 30 1437 which are sent to the IF-transceiver 1422 for gain control.

The multi-transport mode cell bus 1416 is a synchronous TDM cell bus that can transport both ATM and TDM traffic to and from the bus controller 1434 to the SSI modules. The multi-transport mode cell bus 1416 is described in more detail with reference to FIGS. 15-18. Advantageously, the multi-transport mode cell bus 1416 is an improvement over prior art bus systems 35 that use one bus to transport ATM traffic and a separate bus to transport TDM traffic.

The indoor unit 1406 has four SSI ports, but only uses three SSI modules including a TDM-DS3 SSI module 1418, described with reference to FIG. 21, an ATM-OC3c SSI module 1419

described with reference to FIG. 22, and a DS3 transparent SSI module 1421 is described with reference to FIG. 23. The TDM-DS3 SSI module 1418 is for transporting TDM traffic through a DS3 line, which is 28 T1 lines (28 DS1s). The ATM-OC3c SSI module 1419 is for transporting ATM traffic through an OC3c line. The DS3 transparent SSI module 1421 uses the entire bandwidth of the 5 subchannel (sector), e.g. 12.5 MHz, to transport either asynchronous (e.g. ATM) or synchronous data (e.g. TDM) for point to point links within the point to multipoint system.

Multi-Transport Mode Cell Bus

Referring next to FIG. 15, a bus frame format is shown for the multi-transport mode 10 cell bus that provides the interface between the channel and control module (CCM) of the indoor units of the hub terminals and the remote terminals shown in FIGS. 9 and 14 and the SSI modules shown in FIGS. 20-25B, and illustrates the relationship to the air interface frame format of FIG. 5. The 15 diagram 1500 shows the multi-modulation modem 1502, bus controller 1504, SSI modules 1606, air interface frame format 1508, multi-transport mode cell bus 1510 (also referred to as a multi-transport mode bus), and the multi-transport mode bus frame format 1512. The multi-transport mode bus frame format 1512 (hereinafter referred to as the bus frame format 1512) has a synchronization slot 1514, an intermodule communication section 1516 (hereinafter referred to as the IM-Com section 1516) containing a number of message timeslots 1528, and a cell bus data section 1518 (hereinafter referred to as the CB-Data section 1118) containing a number of data timeslots 1526. Also shown is 20 the corresponding air interface frame format 1508 (as shown in FIG. 5) having an overhead section 1520, a spare section 1524, and a traffic section 1522.

The SSI modules 1506 are coupled to the bus controller 1504 via the multi-transport mode cell bus 1510. The bus controller 1504 is coupled to the multi-modulation modem 1502 which is coupled to the IF-transceiver of the indoor units (not shown). The multi-transport mode cell bus 25 1510 uses the bus frame format 1512 and the multi-modulation modem 1502 outputs the air interface frame format 1508.

In practice, the multi-transport mode cell bus 1510 carries both asynchronous signals (such as ATM traffic) and synchronous signals (such as TDM traffic), in contrast with a prior art bus that requires separate busses for TDM and ATM traffic. The multi-transport mode cell bus 30 1510 provides the link between the channel and control module of the indoor unit and the individual SSI modules 1506 (see FIGS. 20-25B). The multi-transport mode cell bus 1510 is an 8 bit synchronous TDM cell bus that uses the bus frame format 1512 having a fixed length. The first timeslot is a synchronization slot 1514 that is used for synchronization purposes between the indoor unit of the remote terminal and an extension indoor unit (EIDU) which will be discussed further with 35 reference to FIGS. 32-34. The remainder of message timeslots 1528 in the IM-Com section 1516 of the bus frame format 1512 are a fixed length depending on the bus frame length. Furthermore, the diagram shown corresponds to both the hub terminal and the remote terminals. The specific SSI

modules 1506 will vary depending on whether at the remote terminal or the hub terminal and the services coupled to them.

The length of the bus frame format 1512 is chosen such that the bus frame format 1512 can be directly mapped to the air interface frame format 1508 as described in FIGS. 4-8. For 5 example, if the air interface frame format is 6 msec in length, the bus frame format 1512 is also 6 msec in length, matching the air interface frame format 1508. The CB-Data section 1518 of the bus frame format 1512 maps to the traffic section 1522 of the air interface frame format 1508.

Furthermore, a different number of data timeslots 1526 of the CB-Data section 1518 can be assigned 10 to the differently modulated traffic bursts within the traffic section 1522 of the air interface frame format 1508. For example, 12 data timeslots 1526 of the CB-Data section 1518 could be mapped to one QPSK Quad traffic burst or 6 timeslots could be mapped to one 16-QAM Quad traffic burst, or 4 timeslots could be mapped to one 64-QAM Quad traffic burst on the air interface frame format 1508.

The overhead section 1520 of the air interface frame format 1508 is only needed for 15 communications between the CCMs of the indoor unit of the remote terminal and the indoor unit of the hub terminal. Thus, the overhead section 1520 is dropped by the bus controller 1504 of the CCM of the indoor unit such that the synchronization slot 1514 and the IM-Com section 1516 conveniently fit in its place. Thus, the IM-Com section 1516 provides the control/status communication interface between the host processor (e.g. control processor, not shown) of the CCM and the local processors of the SSI modules. Thus, the IM-Com section 1516 and the synchronization slot 1514 comprises a 20 necessary length to allow the bus frame format 1512 to directly correspond to the air interface frame format 1508.

This mapping of the bus frame format is a departure from the prior art which often uses two separate bus frame formats to communicate the messaging and the data. Furthermore, prior 25 art bus frame formats known do not directly correspond to the an air interface frame format. Thus, the uniquely designed bus frame format 1512 corresponds directly to the air interface frame format 1508.

The multi-transport mode cell bus 1100 also operates at a fixed frequency that matches the air interface symbol rate. For example, if the air interface operates at a symbol rate of 10 Msps, then the multi-transport mode cell bus 1510 operates at 10 Mbps. At the hub terminal, the 30 timing for the multi-transport mode cell bus 1510 is derived from a timing reference or link to the transport network as described in FIG. 13. At the remote terminal, the timing for the multi-transport cell bus 1510 is derived from the signaling sent from hub terminal. The CB-Data section 1518 comprises fixed length data timeslots 1526. Advantageously, the data timeslots 1526 are configured such that they may carry both specially formatted TDM cells and ATM cells, which are described in 35 FIGS. 28 and 29, on the same bus frame format 1512. Again, this is a departure from the prior art wherein separate bus frame formats are used for ATM and TDM transport. The structure of the IM-Com cells that fit within each message timeslot 1528 of the IM-Com section 1516 and the structure of

the CB-Data cells that fit within each data timeslot 1526 of the CB-Data section 1518 are discussed with reference to FIGS. 16 and 17, respectively. Thus, as will be described in FIG. 12B, the CB-Data cells that fit within the data timeslots 1526 of the CB-Data section 1518 are designed to carry either ATM cells or specially designed TDM cells.

5 Furthermore, the multi-traffic mode cell bus 1510 combines messaging (i.e. in the IM-Com section 1516) and data (i.e. in the CB-Data section 1518) on the same bus, whereas, typically, in a prior art system, a separate bus is used for both messaging and data transport. One advantage to only using one cell bus is a reduction in the number of pins used in the cell bus structure.

10 The data timeslots 1526 have been selected to correspond to the air frame format 1108. The data timeslots 1526 could include a different number of bytes; however, the length of the data timeslots 1526 of the CB-Data section 1518 can not be less than 53 bytes since they are designed to fit the standard 53 byte ATM cell and a 53 byte TDM cell. Ideally, the length should not be less than 55 bytes in order to accommodate control bytes shown in FIGS. 16 and 17. The timing signal or 15 clock is also part of the multi-transport mode cell bus 1510. Refer to FIG. 18 for the specific lines or signals that makeup the multi-transport mode cell bus 1510.

15 The message timeslot 1528 of the IM-Com section 1516 are configured to have specific assignments. There is one specific message timeslot 1528 available for each SSI module to be connected to the indoor units. Furthermore, there is a message timeslot 1528 for each fiber extender module, both master and slave (described FIG. 33), and one message timeslot 1528 for each of the 20 four SSI ports of the extension indoor unit or EIDU (described in FIG. 32). Also, there can be additional message timeslots 1528 available that may be dynamically assigned to any SSI module 1506 as needed.

25 Referring next to FIG. 16, a diagram showing the structure of an IM-Com cell 1600 used by the multi-transport mode cell bus of FIG. 15 is shown. The IM-Com cell 1600 has a header 1602 containing an SSI ID 1606, messaging semaphores 1608 as known in the art, and an unused section 1610. The IM-Com cell 1600 also contains a message section 1604. The header 1602 includes the first byte which is for the SSI ID 1606 which is used to resolve conflicts between different SSI modules attempting to place data into the same timeslot. The second byte is for the messaging semaphores 1608 and the third byte is unused.

30 The SSI ID 1606 is a field containing a number of bits, e.g. 8 bits. The lower 4 bits of the SSI ID 1606 is used for the SSI modules coupled to the indoor unit and the upper 4 bits of the SSI ID 1606 are used by respective extension indoor units (see FIG. 32). Thus, one bit is assigned to each SSI module and each extension indoor unit that interfaces with the multi-transport mode cell bus. In operation, when a particular SSI module transmits into a timeslot, it places a "0" bit into its 35 SSI ID 1606 bit, otherwise the SSI ID 1606 bit is a "1". Since a message timeslot is assigned only to one SSI module, only one of the bits in the SSI ID 1606 should be a "0" at for any given message timeslot in the IM-Com section. Thus, if the third bit of the SSI ID 1606 is assigned for the SSI

module in SSI port #3, the lower four bits of the SSI ID 1606 should be "1011" for a timeslot that SSI module in SSI port #3 is transmitting in. The channel and control module (CCM) of the indoor unit resolves conflicts if there are more than one "0" bit in each of the upper and lower 4 bits of the SSI ID 1606 for a particular message timeslot in the IM-Com section.

5 The remaining m bytes comprising the message section 1604 are used for messaging between the CCM control processor and the local processors of the SSI modules. This messaging tells the SSI modules which message timeslots to use when transmitting and receiving, as well as other control information. The IM-Com cells 1600 are formatted by the bus controller and the control processor of the indoor unit or by the local processors of the individual SSI modules.

10 Referring next to FIG. 17, a diagram showing the structure of an CB-Data cell (also referred to as a traffic cell) that travels on the multi-transport mode TDM cell bus of FIG. 15 is shown. The traffic cell 1700 has a header 1702, data cell 1704 (also referred to as a payload cell), and a spare section 1706. The header 1702 includes the first byte for the SSI ID 1708 (see FIG. 16) and the second byte for the payload status 1710.

15 The traffic cell 1700 fits into one of the data timeslots 1526 of the CB-Data section 1518 of the bus frame format. The traffic cell 1700 may be designed to match the length of the IM-Com cell 1600. Furthermore, the length of the traffic cell 1700 is such that one or more traffic cells 1700 advantageously can be mapped to the traffic bursts of the air interface frame format. For example, two traffic cells 1700 could makeup one 16-QAM single traffic burst or 12 traffic cells 1700 could make up one QPSK quad burst.

20 The data cell 1704 within the traffic cell 1700 is advantageously 53 bytes long, the size of a standard ATM cell. This enables transport of asynchronous signals, such as a 53 byte ATM cell, or synchronous signals, such as 53 bytes of TDM data formatted within a specially designed 53 byte TDM cells (see FIG. 29), in the data cell 1704. Thus, the ATM and TDM cells are multiplexed onto the multi-transport mode cell bus by the SSI modules (specifically, the formatters of the SSI modules). This feature eliminates the need to have one TDM cell bus for transporting TDM traffic and another cell bus for transporting ATM traffic.

25 The spare section 1706 contains the remaining bytes, if any, which are unused in this embodiment. The spare section 1706 comprises a length such that the bus frame format can be made to match the air interface frame format so that the bus frame format will easily map to the air interface frame format. Depending on the design of the air interface frame format and other system parameters, the data cell 1704 within the traffic cell 1700 may contain more bytes, but it may not contain less than 53 bytes and still remain compatible with the 53 byte ATM standard cell.

30 Furthermore, the traffic cell 1700 includes n bytes. The size of the traffic cell 1700 depends on the length of the air interface frame format, the frequency used and the minimum data cell size. As shown in FIG. 17, the traffic cell 1700 should be at least 55 bytes in order to account for the 53 byte data cell 1704 and the header section 1702. Note also that the data cell can carry both ATM

cells and TDM cells, and that if the length of a standard ATM cell was replaced by a new standard length, the various cell sizes could be adjusted accordingly.

- Referring next to FIG. 18, a timing diagram 1800 for the multi-transport mode cell bus is shown in FIGS. 15 through 17. The following cell bus signals comprise the multi-transport mode cell bus: CB_CLK 1802, CB_RX_FS 1804, CB_RX_TSS 1806, CB_RX_DATA(7:0) 1808, CB_RX_DATA(7:0) 1810, CB_RX_FS 1812, CB_RX_TSS 1814, and CB_TX_SFS 1816 and CB_RX_SFS 1818.

- The CB_CLK 1802 signal is a clock having a frequency corresponding to the air interface symbol rate and is 1 line. The CB_RX_TSS 1814 is the receive timeslot sync with a single clock every timeslot and is 1 line. The CB_RX_FS 1812 is the receive frame sync with a single clock pulse frame and is 1 line. The CB_RX_SFS 1818 is the receive super frame sync with a single clock pulse every superframe and is 1 line. The CB_RX_DATA(7:0) 1810 is an 8 bit data cell bus which is 8 lines. Alternatively, the cell bus could be a 16, 24, 32, etc bit cell bus. The cell bus structure could be modified accordingly. The CB_TX_TSS 1806 is the transmit timeslot sync with a single clock every timeslot and is 1 line. The CB_TX_FS 1804 is the transmit frame sync with a single clock every frame and is 1 line. The CB_TX_SFS 1816 is the transmit super frame sync with a single clock every superframe and is one line. And the CB_TX_DATA(7:0) 1808 is the 8 bit transmit data cell bus which is 8 lines. Thus, the multi-transport mode cell bus comprises a total of 23 lines and has the timing as shown in FIG. 18.

- The multi-transport cell bus is used as a link between the channel and control module (CCM) of the indoor units, whether at the hub terminal or the remote terminal, and the SSI modules, through which the subscriber interfaces. Advantageously, the multi-transport mode cell bus replaces two separate busses for transporting ATM and TDM traffic and combines the intermodule communication and the data cells on the same cell bus frame format.

25

Data Flow Over the Air Interface

- Referring next to FIG. 19, a flowchart is shown illustrating the major steps performed by the point to multipoint system as shown in the embodiment of FIG. 2 for data flow between the indoor units of the hub terminal to the indoor units of the remote terminal. While referring to specific steps within FIG. 19, other relevant FIGS. will be referred to. The steps described are broad and intended to provide an overview of the data transfer over the communications link of the point to multipoint system.

- Both synchronous (TDM) and asynchronous (ATM) traffic (or signals) is routed to the SSI modules at the hub terminals of the hub site from the central office via the transport network. 35 The SSI modules format and multiplex the mixed traffic onto the multi-transport mode cell bus using the multi-transport mode bus frame format (Step 1902). The specific techniques used by the SSI modules to format and multiplex the mixed traffic into a single format on the multi-transport mode

cell bus will be described below in the specification, and are not described for purposes of this flowchart. As stated the multi-transport mode cell bus carries both asynchronous traffic (such as ATM) and synchronous traffic (such as TDM) traffic, but in such a manner that the rest of the hub terminals and remote terminals are not aware that they are carrying both ATM and TDM cells. Thus, 5 through the formatting of the data for the multi-transport mode cell bus and mapping the data of the multi-transport mode cell bus for the air interface frame format, the point to multipoint system supports multiple traffic types.

Continuing on with the process 1900, the bus frame format of the multi-transport mode cell bus is converted to the air interface frame format (Step 1904) by removing the intermodule 10 communications section (IM-Com) and replacing it with a corresponding overhead section for the air interface frame format. The bus controllers as described in FIGS. 9, 13, and 14 perform this step. The IM-Com section is used by the channel and control module (also referred to as the CCM) of the indoor unit at the hub terminal to communicate with the specific SSI modules (e.g. the TDM-DS3 SSI 15 module and the ATM-OC3c SSI module). The overhead section is used for the CCM of the hub terminal to communicate with the CCMs of the remote terminals. The bus controller also converts the bus frame format to the air interface frame format by formatting the timeslots of the multi-transport mode cell bus to the correct number of air interface bursts. The bus controller also decides whether the bursts will be quad bursts or single bursts as described in FIGS. 7A and 7B.

Once formatted to the air interface frame format (Step 1904), the signals are 20 modulated on a burst-by-burst basis using one of three available modulation modes (Step 1906) as described above. Advantageously, this enables a single hub terminal (sector radio) to communicate with each of the remote terminals within its particular sector, regardless of the region that the remote terminal is located in. This also provides efficient use of the available bandwidth. Next, the 25 modulated signals in the air interface frame format are upconverted to the radio frequency of the communications link (Step 1908). This is described more fully in FIG. 14 in the operation of the IF-transceiver section which upconverts the modulated signals to the intermediate frequency at the indoor unit, then upconverts again to the microwave radio frequency of the radio communications link (i.e. 38 GHz in the embodiment of FIG. 2).

The signals are then broadcast over the air interface (Step 1910) to all of the remote 30 terminals using the 12.5 MHz subchannel of the 50 MHz channel. It is important to note that the signals traveling over the air interface are both synchronous signals (e.g. TDM) and asynchronous signals (e.g. ATM) carried within the same air interface frame format. Furthermore, the air interface bursts are differently modulated so that, essentially, three different streams of traffic are created. Each traffic stream is modulated using QPSK, 16-QAM, and 64-QAM. The streams modulated by the 35 higher order modulations (more bits/second/Hz), such as 64-QAM, will degrade sooner than the signals using a lower order modulation (fewer bits/second/Hz), such as QPSK. Thus the QPSK stream will travel farther than the 64-QAM stream. This is a departure from known prior art in

which a single sector radio only transmits using one modulation and only carries traffic using a single transport mode within the air frame format. Thus, a single hub terminal (sector radio) of this embodiment replaces n hub terminals (sector radios) of a prior art point to multipoint system having n regions within each sector.

- 5 At the remote terminals, the modulated signals are received from the communications link (Step 1912), e.g. radio communications link. Note that the remote terminals will receive all of the signals on the communications link (that haven't fully degraded). The received signals are then downconverted to baseband signals (Step 1914) to be demodulated. Then, the signals on the received air frame are demodulated (Step 1916). The signals are demodulated on a burst-by-burst basis using the same multi-modulation modem that modulated the signals at the hub terminal; however, the multi-modulation modem is configured to only demodulate the specific traffic bursts that the particular remote terminal is configured to demodulate. For example, a remote terminal located in the closest region to the hub terminal will demodulate the QPSK modulated overhead bursts and only the 64-QAM modulated traffic bursts, not the 16-QAM or QPSK modulated traffic bursts. Note that 10 all remote terminals will demodulate the overhead bursts modulated using QPSK. In this embodiment, 64-QAM is the highest order modulation, but the modulations are not limited to the specific modulations described.
- 15

Once the signals are demodulated according to the pre-configuration of the remote terminal, the signals on the air interface frame format are converted to the bus frame format of the 20 multi-transport mode cell bus (Step 1918). This is accomplished at the bus controller of the CCM of the indoor unit. The overhead section of the air interface frame format is removed and the IM-Com section of the bus frame format is added. Additionally, the bursts of the air interface frame format are mapped over to the corresponding timeslots of the bus frame format of the multi-transport mode cell bus. Finally, the traffic on the multi-transport mode cell bus is transmitted to the SSI modules (Step 25 1920) so that the SSI modules can sort out the mixed traffic to be forwarded to the appropriate subscribers. The data flow in the reverse direction is simply the opposite as described in Steps 1902 through 1920.

Service Specific Interface Modules

- 30 The point to multipoint system allows many standard interfaces for the subscriber specific needs, such as TDM-DS3 SSI modules, ATM-OC3c SSI modules, and Quad DS1/AAL1 SSI modules, and DS3 Transparent SSI modules, for example. However, each of these standard interfaces has to be configured to interface with the multi-transport mode cell bus since it is carrying both asynchronous traffic (ATM) and synchronous traffic (TDM). Thus, the SSI modules must be able to 35 filter the different types of traffic on the multi-transport mode cell bus, so that the correct traffic cells can be extracted and forwarded to the subscribers. Furthermore, each of these interfaces must be specifically designed to format the traffic it is carrying for transmission onto the multi-transport mode

cell bus. FIGS. 20 through 25B discuss some of the differing types of SSI modules used in the point to multipoint system and the techniques used to interface with the multi-transport mode cell bus, as well as the techniques used to format traffic for transmission on the multi-transport mode cell bus.

Referring next to FIG. 20, a block diagram is shown for a Quad DS1/AAL1 SSI module. The Quad DS1/AAL1 SSI module 2000 contains the multi-transport cell bus 2002 as described with reference to FIGS. 15 through 18, a cell control section 2004, an ATM processor section 2006, a timing section 2008, a processing section 2010, and a line interface section 2012. The cell control section 2004 contains a cell formatter 2014 (also referred to as a signal formatter), transmit buffer 2016, receive buffer 2017, control logic 2018, and a PCM interface logic 2020. The ATM processor section 2006 contains an AAL1 (ATM Adaptation Layer 1) SAR 2022 and ATM buffer 2024. The timing section 2008 contains a timing logic 2026. The processing section 2010 contains a microprocessor 2028 and a message buffer 2030. The line interface section 2012 contains four T1/E1 framers 1532, and 4 T1/E1 ports 2034. Also shown are several connecting busses including a TDM bus 2036, Utopia bus 2038, pulse code modulated bus 2040 (referred to as the PCM bus 2040), and CP bus 2042.

The Quad DS1/AAL1 SSI module 2000 is a module that allows four T1 lines or E1 lines to interface with the point to multipoint system. The quad DS1/AAL1 SSI module is a dual transport mode SSI module, meaning that it can be configured to work in either TDM mode or ATM AAL1 mode depending on the subscriber's preference; thus quad DS1 TDM SSI module or a quad DS1/AAL1 ATM SSI module. The data is multiplexed at the DS0 level to the DS1 (T1 line) which contains 24 DS0s. Prior art quad DS1 TDM SSI module and quad DS1/AAL1 ATM SSI modules exist; however, a single prior art quad DS1 TDM SSI module can not be configured to be a quad DS1/AAL1 ATM SSI module, as the quad DS1/AAL1 SSI module 2000 can. Additionally, the quad DS1/AAL1 SSI modules 2000 used must be configured to interface with a multi-transport mode cell bus 2002. Once configured to service one of the two data transport types, the Quad DS1/AAL1 SSI module 2000 handles only that traffic type. Thus, the operation of the quad DS1/AAL1 SSI module 2000 will be described in both modes. Alternatively, the quad DS1/AAL1 SSI module 2000 could be configured to support both traffic types at the same time.

Operating in ATM mode, the traffic enters the Quad DS1/AAL1 SSI module 2000 from the indoor unit of the remote terminal through the multi-transport cell bus 2002 to the cell formatter 2014. The multi-transport cell bus 2002 carries traffic that is both ATM and TDM; thus, the cell formatter 2014 (which may also be referred to as a bus controller) needs to be able to extract the ATM cells while discarding the TDM cells. Additionally, the cell formatter 2014 must be able to discern the ATM cells that are destined for the particular subscriber the SSI module is interfaced with and unwanted ATM cells. As discussed earlier, the traffic entering the remote terminal from the radio or air interface is in one of three modulation modes. One particular remote terminal only demodulates one of the modulation modes for the traffic section of the air interface frame format, so

only certain traffic will be received onto the multi-transport mode cell bus 2002. Furthermore, the demodulated traffic needs to be split into the corresponding SSI modules.

The cell formatter 2014 listens to the configured timeslot of the IM-Com section of the multi-transport mode cell bus to copy the proper messaging cell to the message buffer 2030, which is a dual port RAM. Refer to FIG. 15 to see that each SSI module coupled to the multi-transport mode cell bus has a specific timeslot of IM-Com section dedicated for its use. Thus, the cell formatter 2014 only reads that particular timeslot of the IM-Com section. The messaging from the IM-Com cell is then routed to the microprocessor 2028 so that the microprocessor 2028 of the Quad AAL1 SSI module 2000 can coordinate activities with the CCM of the indoor unit. The microprocessor 2028 is a reduced instruction set code (RISC) processor.

The cell formatter 2014 uses an ATM address filtering technique to determine which traffic cells from the CB-Data section of the multi-transport mode cell bus to discard and which cells are to be kept. The ATM address filtering is described with reference to FIGS. 26-31B. The VCI lookup table described in FIG. 30 is located in the receive buffer 2017, which is a static RAM.

If the traffic cell contains an AAL1 ATM cell which has been properly filtered as discussed in FIGS. 26-31B, the AAL1 ATM cell is unpacked from the traffic cell and is routed to the AAL1 SAR 2022 (segmentation and reassembly) via the Utopia bus 2036 where the AAL1 ATM cells are converted to serial data streams to be transmitted to the T1/E1 framers 2032. Note that the PCM interface logic 2020 is not used in ATM mode. The ATM buffer 2024 (static RAM) is used to buffer the ATM cells so they can be reassembled into packets and then sent to the respective T1/E1 framer 2032 to be framed for transmission on the respective T1 line (or E1 line) to the subscriber through a T1/E1 port 2034. The microprocessor 2028 controls data flow from the T1/E1 framers 2032 to the cell formatter 2014 and the AAL1 SAR 2022.

The data flow is the opposite for traffic entering the T1/E1 ports 2034 and T1/E1 framers 2032 from the T1 lines (or E1 lines). The data flows from the T1/E1 framers 2032 to the AAL1 SAR 2022 where the traffic is segmented into ATM cells. Then, the ATM cells are sent to the cell formatter 2014 via the Utopia bus 2036 to await being multiplexed onto the multi-transport mode cell bus 2002. The message buffer 2030 also contains the mapping needed for placing the ATM cells onto the multi-transport mode cell bus 2002.

Operating in TDM mode, the cells arrive on the multi-transport cell bus 2002, such that each timeslot of the multi-transport mode cell bus carries one cell. The cell formatter 2014 determines which cells to keep from the cell bus 2002. The intermodule communication messages (IM-Com) received from the multi-transport cell bus 2002 deliver the timeplan to the cell formatter 2014 via the message buffer 2030. Thus, the cell formatter 2014 knows which cells to copy from which timeslots within the multi-transport mode cell bus 2002; thus, only TDM cells destined for its particular subscribers are copied. The TDM cells are then copied to the receive buffer 2017, which is a static RAM, if the TDM cell is a data cell. As the cell formatter 2014 copies the cells, it unpacks

them into DS0s (both PCM data and signaling data) as described with reference to the TDM buffering in FIGS. 39 through 44B.

Additionally, the cell formatter 2014 repacks the data into the receive buffer 2017, which is a static RAM, based on the cell type, which is further described in FIGS. 40 through 43. The 5 receive buffer 2017 also contains the time plan for mapping the cell bus timeslot to the respective T1/E1 timeslot. At the correct time, the PCM interface logic 2020 extracts the correct data (PCM and signaling) for each T1/E1 line and each timeslot, packs it into DS1s and sends it to the T1/E1 framer 2032 via the PCM bus 2040 where the data is framed for transmission on the T1/E1 line.

The data flow is the opposite for TDM data arriving through the T1/E1 line to the 10 Quad DS1 SSI module 2000.

The timing section 2008 contains the timing logic 2026. The timing logic 2026 comprises typically a complex programmable logic device (CPLD) and a phase lock loop (PLL). The Quad DS1/AAL1 SSI module receives its timing from the multi-transport mode cell bus 2002, which was recovered from the timing at the hub terminal, as described above. Note that not all of the blocks 15 have been fully described since their operation and implementation are easily understood to those skilled in the art.

Note that the Quad DS1/AAL1 SSI module 2100, or any of the other SSI modules shown actually contain the multi-transport mode cell bus 2002, but an interface to the multi-transport mode cell bus. The multi-transport mode cell bus is shown as a part of the Quad DS1/AAL1 SSI 20 module 2100 and other SSI modules in FIGS. 22-25B for ease of understanding. Note the cell formatter 2014 formats the TDM traffic and the ATM cells into cells for transmission through the point to multipoint system and thus, is also referred to as a signal formatter. The signal formatter is described variously throughout the specification as being in the individual SSI modules as cell formatters. However, in other embodiments, the signal formatters could be located in other 25 components of the point to multipoint system, e.g., in the multi-modulation modem or bus controller of the hub terminals and remote terminals. Described generically, the signal formatters (specifically cell formatters) format the different transport mode signals into a format (cells) suitable to be transmitted through the point to multipoint system.

Referring next to FIG. 21, a block diagram is shown of a TDM-DS3 SSI module 30 2100 that is used at the indoor unit of the hub terminal of FIG. 2. The TDM-DS3 SSI module 2100 contains a cell formatter 2102 (also referred to as a signal formatter), message buffer 2104, control logic 2106, central processing unit (CPU) 2108, processor bus 2110, transmit PCM buffer 2112, transmit signaling buffer 2114, receive PCM buffer 2116, receive signaling buffer 2118, PCM 35 interface 2120, system busses 2122, octal T1/E1 framers 2124, 28 T1/E1 lines 2126, an M13 multiplexer 2128, transmit/receive line interface unit (TX/RX LRU) 2130, loopback 2132, and DS3 interface 2134. Also shown is the multi-transport mode cell bus 2136.

The TDM-DS3 SSI module 2100 is a TDM-based SSI module that is used at each hub terminal of the point to multipoint system to interface with the high speed DS3 line to the transport network. The TDM-DS3 SSI module 2100 demultiplexes the DS3 line containing 28 T1/E1 lines (28 DS1s) down to the DS0 level to interface with the point to multipoint system. Thus, the 5 TDM-DS3 SSI module 2100 acts as a 3/I/O multiplexer. The TDM-DS3 SSI module 2100 is designed to handle all of the TDM traffic to and from the point to multipoint system while the OC3c ATM SSI module (see FIG. 22) is designed to handle all of the ATM traffic to and from the point to multipoint system.

As signals are received from the multi-transport cell bus 2136, the cell formatter 10 2102 is instructed which cells to copy from the multi-transport mode cell bus through intermodule communication messaging (IM-Com) between the CPU and the CCM of the hub indoor unit of the hub terminal. In this case, the cell formatter 2102 keeps the TDM cells and throws out the ATM cells. The cell formatter 2102 also copies appropriate IM-Com cells to the message buffer 2104 (which is dual port RAM) for the CPU 2108. The TDM cells are unpacked into PCM data (or PCM samples) and signaling. The PCM data is stored in the receive PCM buffer 2116 while the signaling, such as call associated signaling (CAS), is stored in the receive signaling buffer 2118.

As described in FIGS. 29 and 39, each TDM cell is unpacked to both the receive PCM buffer 2116 and the receive signaling buffer 2118 since the TDM cell contains both PCM data and signaling data. The buffers (2116, 2118, 2112, and 2114) are all dual port random access 15 memories (also referred to as DPRAMs). Also note that the four buffers (2112, 2114, 2116, and 2118) can be part of the same memory structure as described in FIG. 39.

The TDM cells are further unpacked according to which cell type is used as described in FIGS. 41-43.

The PCM interface 2120 then packs the PCM data in the receive PCM buffer 2116 20 and receive signaling buffer 2118 into DS1s which are then sent, via system busses 2122 (PCM busses), to the octal T1/E1 framers 2124 to be framed as a T1 or E1. The PCM interface 2120 comprises custom logic specifically designed for the TDM-DS3 SSI module 2100. The 28 T1/E1 lines 2126 are then multiplexed on to the DS3 line by the M13 multiplexer 2128. The M13 multiplexer 2128 is a standard DS3 to DS1 multiplexer. The TX/RX LIU 2130 interfaces with the DS3 line at the 30 DS3 line interface 2134. The CPU 2108 possesses the necessary logic to control the TDM-DS3 SSI module 2100 through the processor bus 2110. The loopback 2132 is used for testing purposes. Additionally, the timing for the TDM-DS3 SSI module 2100 is recovered from the multi-transport mode cell bus 2136.

The data flow in the direction from the direction of the transport network to the 35 multi-transport mode cell bus 2136 is simply the opposite. The DS3 line is multiplexed into DS1s by the M13 multiplexer 2128. The framing is removed from the DS1s by the octal T1/E1 framers 2124 then the PCM interface 2120 unpacks the DS1s to DS0s which are sent to the transmit PCM buffer

2112 (for PCM data) or the transmit signaling buffer 2114 (for signaling). The cell formatter 2102 then packs the DS0s into the specially designed TDM cells described in FIG. 29 and 41-43 which are multiplexed onto the multi-transport mode cell bus 2136.

Furthermore, the cell formatter 2102 places an ATM header, a virtual path identifier

- 5 (VPI) in the header section of the TDM cell. This is described in more detail in FIG. 29. This enables the ATM formatter of the ATM-based SSI modules at the remote terminal to be able to distinguish between the ATM cells and the TDM cells received from the mixed traffic input (i.e. the multi-transport mode bus). Alternatively, the ATM cells and TDM cells can further be distinguished using a timeplan. However, this is much more time consuming and cumbersome, requiring more
- 10 messaging.

The cell formatter 2102 also formats the TDM cells depending on the cell type and acceptable delay as described in FIGS. 41 through 43. Again, not all of the functional blocks have been fully described since the skilled artist understands their implementation and use.

- 15 Referring next to FIG. 22, a block diagram is shown for an ATM-OC3c SSI module that may be used in the remote terminal or hub terminal of the point to multipoint system shown in the embodiment of FIG. 2. The ATM-OC3c SSI module 2200 contains an OC3C port 2202, DS3c port 2204, optical transceiver 2206, DS3 line interface unit (LIU) 2208, Phy 2210, an ATM line and buffer manager 2211 (hereinafter referred to as the ALBM 2211), cell processor 2212, cell processor buffer 2214, buffer manager 2216, buffer manager buffer 2218, Utopia II bus 2220, uP bus 2222,
- 20 ATM formatter 2224 (also referred to generically as a signal formatter), formatter buffer 2226, PCI bridge 2228, AALS SAR 2230, PCI bus 2232, central processing unit (CPU) 2234, and multi-transport mode cell bus 2236.

- 25 The OC3c port 2202 is coupled to the optical transceiver 2206 which is coupled to a Phy 2210. The Phy 2210 is coupled to a cell processor 2212 via a Utopia II bus 2220. Alternatively, a DS3c port 2204 is coupled to a DS3 LIU 2208 which is coupled to a Phy 2210. The Phy 2210 in the DS3c configuration is then coupled to both the cell processor 2212 via the Utopia II bus 2220 and also coupled to the uP bus 2222.

- 30 Additionally, the ATM-OC3c SSI module 2200 could be configured to support multiple subchannels instead of one subchannel (12.5 MHz). This requires a separate ATM formatter 2224 for each subchannel as described in FIG. 26.

- 35 The cell processor 2212 is coupled to the uP bus 2222, cell processor buffer 2214, and the buffer manager 2216. The buffer manager 2216 is coupled to the uP bus, and buffer manager buffer 2218. The uP bus 2222 is also coupled to an ATM formatter 2224 and PCI bridge 2228. The ATM formatter 2224 is coupled to the formatter buffer 2226, Utopia II bus 2220, and the multi-transport mode cell bus 2236. The ATM formatter 2224 is coupled to the AALS SAR 2230 via the Utopia II bus 2220. The CPU 2234 is coupled to the AALS SAR 2230 and the PCI bridge 2228 by a

PCI bus 2232. The ALBM 2211 is a standard off-the-shelf ATM chipset containing the cell processor 2212, cell processor buffer 2214, buffer manager 2216, and buffer manager buffer 2218.

In practice, the ATM-OC3c SSI module 2200 is designed to handle all of the ATM traffic to and from the point to multipoint system. It may be used at the hub terminal as shown in

- 5 FIG. 2 or may be used at the remote terminal depending on the needs of particular subscribers. The ATM-OC3c SSI module 2200 can be configured in one of two ways. First, the link to the OC3c line (155 Mbps) is a pure stream of high speed cells and interface at the OC3c port 2202. Second, the ATM-OC3c SSI module can be configured as a DS3 line operating at 44.736 Mbps, consisting of a pure stream of ATM cells. An OC3c line is an optical carrier level 3 concatenated line meaning the
10 line is one continuous stream of ATM cells and as understood in the art. Thus, an OC3c configuration will contain the OC3c port 2202, optical transceiver 2206, and Phy 2210 while the DS3 configuration will contain the DS3c port 2204, DS3 LIU 2208, and Phy 2210.

Furthermore, the ATM-OC3c SSI module uses a standard off-the-shelf ATM chipset (the ALBM 2211) which is configured to handle the multiple modulation environment of the point to multipoint system. The ATM chipset is configured to provide a unique ATM address filtering technique and demand assigned multiple access technique as described with reference to FIGS. 26 and 27.

Additionally, the ATM-OC3c SSI module 2200 has one mode if operating at the remote terminal and another mode if operating at the hub terminal.

- 20 Operating at the hub terminal, data arrives to the ATM OC3c SSI module 2200 from the transport network and the central office via an ATM MUX to the OC3c port 2202 and the optical transceiver 2206. The Phy 2210, is well known in the ATM art as a device that performs the physical layer functions of the ATM chipset 2211. Here, the Phy 2210 is a cell delineator, extracts the ATM cells from the frames and sends them to the cell processor 2212 of the ALBM 2211 via the
25 Utopia II bus 2220. The cell processor 2212 then polices the arriving ATM cells according to ATM standards. The policing simply checks to see that the ATM cells are not arriving too quickly. The cell processor 2212 has a cell processor buffer 2214, which is a static RAM, for buffering the ATM cells. The cell processor 2212 forwards the ATM cells to the buffer manager 2216 of the ALBM 2211 which queues the ATM cells to the buffer manager buffer 2218, which is a static RAM. The buffer
30 manager 2216 then dequeues the ATM cells according to configured priorities on a per VP/VC (virtual path/virtual channel) basis to guarantee the QOS (quality of service). This process is well known in the art. The ATM cells are looped back to the buffer manager 2216 and sent to back to the cell processor 2212.

Next the ATM cells are sent to the ATM formatter 2224 via the Utopia II bus 2220.
35 The ATM formatter 2224 performs the queuing functions described in the ATM address filtering section (see FIG. 26). The ATM formatter 2224 is custom logic that contains several shallow FIFOs that each hold ATM cells to be transmitted using one of three modulation modes (also referred to as

modulation buffers). The formatter buffer 2226, which is a static RAM, contains the time plan for each modulation mode. The ATM formatter 2224 uses the timeplan to map the ATM cells in the correct time slots of the multi-transport mode cell bus 2236 so that the cells will be transmitted using the proper modulation mode. Thus, the proper remote terminal will receive the proper ATM cells.

- 5 Additionally, the ATM formatter 2224 formats the ATM cells into traffic cells (described in FIGS. 16 and 17, respectively) for transmission on the multi-transport mode cell bus 2236.

Furthermore, the CPU 2234 is able to communicate with the channel and control module CCM of the hub terminal through intermodule communication slots (IM-Com cells) on the multi-transport mode cell bus 2236. The IM-Com cells are placed onto the multi-transport mode cell bus 2236 by the ATM formatter 2224. The IM-Com cells are sent to and from the CPU 2234 and the ATM formatter 2224 via the PCI bus 2232 and PCI bridge 2228.

10 The data flow from the hub terminal indoor unit to the ATM-OC3c SSI module 2200 is simply the reverse. The ATM cells are copied from the multi-transport mode cell bus 2236. At the hub terminal, the ATM OC3c SSI module 2200 does not have to perform the ATM address 15 filtering technique (FIGS. 30-31B) since all ATM cells are forwarded to the OC3c line which connects to the transport network (backhaul).

The ATM cells are carried back to the ALBM 2211. Specifically, the ATM cells are sent to the cell processor 2212, buffer manager 2216, then back to the cell processor 2212 and then to the Phy 2210 to be framed for transmission and exit the ATM-OC3c SSI module 2200 though either 20 the optical transceiver or the DS3 line interface unit 2208, depending on the configuration.

The AAL5 SAR 2230 (segmentation and reassembly) is used for in-band signaling. It functions to packet operations, administration, and control (OAM) messages from the element management system (EMS) to the hub terminal. The details of the element management system are further discussed with reference to FIGS. 2 and 10. This provides an improved method for the 25 element management system to communicate with the point to multipoint system. Instead of communicating to the hub sites through a wide area network (WAN) and then the LAN of the hub site as a conventional element management system does, the element management system can communicate with the hub terminals through the backhaul or transport network. Advantageously, no separate landlines need to be maintained between the element management system (EMS) at the 30 central office and the individual hub sites.

Since ATM cells carrying messaging from the EMS at the central office are on the same medium, the OC3c line, the control cells sent by the element management system need to be separated from the traffic cells. Additionally, the cell processor 2212 and the buffer manager 2216 both use the virtual path identifier (VPI) and the virtual channel identifier (VCI) of the cells and 35 determine if any of the cells are control cells destined for the CPU 2234. Control cells are routed to the AAL5 SAR 2230 via the Utopia II bus 2220. The AAL5 SAR 2230 then forms packets of messages which are sent to the CPU 2234 via a PCI bus 2232. The packets are formed according to

transmission control protocol/internet protocol (TCP/IP). The CPU 2234 is able to send signals to the ATM formatter 2224, cell processor 2212, and buffer manager 2216 through the PCI bus 2232 coupled to a PCI bridge 2228, and coupled to the uP bus 2222.

- Operating at the remote terminal, the data is received over the air from the hub
5 terminal and is demodulated by the CCM of the indoor unit of the remote terminal. The data is then sent as cells on the multi-transport mode cell bus 2236 to interface with the ATM-OC3c SSI module 2200. The ATM formatter 2224, since at the remote terminal, then performs the ATM address filtering process as shown in FIG. 30.

The ATM address filtering function is different at the ATM-OC3c SSI module 2200
10 at the remote terminal because the throughput on the ATM-OC3c SSI module 2200 is much higher than the throughput of other types of SSI modules used at the remote terminal. The OC3c line sends data at 155.52 Mbps (mega bits per second) which is equivalent to about three DS3 lines. Thus, the table lookup approach as described with reference to FIGS. 30 and 31B is performed (instead of FIG. 30 and 31A).

15 Once an ATM cell is accepted using the ATM address filtering techniques described in FIGS. 30, 31A, and 31B, the ATM cell is forwarded to the cell processor 2212 via the Utopia II bus 2220, then sent to the buffer manager 2216 to be queued and dequeued back to the cell processor 2212 using the buffer manager buffer 2218, which is a static RAM, according to configured priorities on a per VPI/VCI basis in order to guarantee quality of service (QOS). The ATM cells are sent to the Phy
20 2210 (cell delineator), then the cells framed and transmitted through the optical transceiver 2206 to the OC3c line at the OC3c port 2202.

At the remote terminal, the data flow from the subscriber to the ATM OC3c SSI
25 module 2200 is the same as done at the hub terminal from the OC3c line to the hub terminal. The major difference is the number of modulation buffers within the ATM formatter 2224, since the remote terminal will only transmit using one modulation and not the full range of modulation modes that the hub terminal uses.

The components of the ATM-OC3c SSI module 2200 and their functionality are understood to those skilled in the art. The ALBM 2211 is an off-the-shelf ATM chipset known in the art. Not all of the functional blocks have been fully described since their operation and
30 implementation is understood to the skilled artist.

Referring next to FIG. 23, a functional block diagram is shown for a DS3 transparent SSI module. The DS3 transparent SSI module 2300 contains the multi-transport mode cell bus 2302, a cell formatter 2304 (signal formatter), buffer 2306, byte-stuffer 2308, jitter attenuator 2312, central processing unit 2310 (CPU), a DS3 line interface unit 2314, and a DS3 line 2316.

35 The multi-transport mode cell bus 2302 is coupled to the cell formatter 2304 and the CPU 2310. The cell formatter is coupled to the buffer 2306 and the byte-stuffer 2308. The byte-stuffer 2308 is coupled to the jitter attenuator 2312 and the DS3 line interface unit 2314. The jitter

attenuator 2312 is coupled to the DS3 line interface unit 2314 which is coupled to the DS3 line 2316. The CPU 2310 is coupled to the DS3 line interface unit 2314, the byte-stuffer 2308, and the cell formatter 2304.

- In practice, the DS3 transparent SSI module 2300 is not specifically ATM-based or TDM-based and is used to provide point to point links within the point to multipoint system. Thus, the DS3 transparent SSI module 2300 is used when the subscriber requires the entire channel bandwidth (e.g. 12.5 MHz) of the hub terminal radio sector. The DS3 transparent SSI module 2300 may carry asynchronous traffic (such as ATM) or synchronous traffic (such as TDM); however, the specific traffic type is irrelevant to the DS3 transparent SSI module 2300. The data is simply carried through the point to multipoint system without concern for the specific type of data. The received bits are routed from one point (the DS3 line 2316 at the hub terminal) to another point (a subscriber coupled to the DS3 line 2316 at the remote terminal, for example) regardless of the framing used and control bits present.

Prior art point to point links are common; however, a point to point communications link within a point to multipoint system is unique to this embodiment of the present invention and departs from known prior art. In order to accomplish this transport, a DS3 transparent SSI module 2300 is needed at the indoor unit of the hub terminal and a matching DS3 transparent SSI module 2300 is needed at the corresponding indoor unit of the corresponding remote terminal.

As the serial line data comes from the DS3 line 2316 through the DS3 line interface unit 2314, the data goes to the byte-stuffer 2308. The byte-stuffer 2308 is similar to a bit-stuffer as known in the art of telecommunications, except that it buffers bits into bytes instead of simply buffering bits. The byte-stuffer 2308 collects the bits that come from the DS3 line 2316 and forms bytes and buffers the bytes to the cell formatter 2304 which packs the bytes into the data cells to be transmitted on the multi-transport cell bus 2302. The byte stuffer 2308 and the cell formatter 2304 adapt the timing of the DS3 line to the timing or timebase of the multi-transport mode cell bus 2302 and the point to multipoint system. The data cells formed for the multi-transport mode cell bus are the same 53 byte data cells 1704 designed to fit in the traffic cell 1700 as shown in FIG. 17. The data cells formatted by the cell formatter 2304 of DS3 transparent SSI module 2300 are different than the ATM cells and TDM cells formatted by the other SSI modules which are described with reference to FIGS. 28 and 29. Thus, features of the data cells formed by the DS3 transparent SSI module 2300 will be briefly discussed.

Referring concurrently to FIG. 24, a diagram of a data cell 2400 is shown that is formed by the DS3 transparent SSI module 2300 in the embodiment of FIG. 23. The data cell 2400 is 53 bytes in length and contains a header section 2402 and a traffic section 2404. The header section 2402 is 1 byte and includes a control byte 2406. The data cell 2400 is advantageously, the same size as the ATM cell of FIG. 28 and the TDM cell of FIG. 29. Thus, the data cell 2400 conveniently fits within the CB-Data section of the multi-transport mode cell bus 2302. The main difference between

the data cell 2400 and those shown in FIGS. 28 and 29 is that the header section 2402 is only 1 byte in length, leaving the traffic section 2404 to include 52 bytes instead of 48 bytes as shown in FIGS. 28 and 29. Since, the communications link is a point to point link, the traffic section 2404 is maximized within the 53 byte cell size.

5 The number of bytes packed into the traffic section 2404 of the data cell 2400 varies as a function of the frequency difference between the DS3 line 2316 and the clock rate of the multi-transport mode cell bus 2302. For example, the DS3 line operates at 44.736 Mbps. If the clock rate of the multi-transport mode cell bus is 10 Mbps, the bus frame format is 6 msec, and there are 684 timeslots holding 83 byte traffic cells on the multi-transport mode cell bus 2302 (see FIGS. 15 and
10 17), then a specified number (e.g. 648) of data cells 2400 will have 49 bytes in the traffic section 2404, a specified number (e.g. 33) of data cells 2400 will contain 50 bytes in the traffic section 2404, and the remaining number (e.g. 3) of data cells 2400 will have a variable number of bytes (e.g. 49, 50, or 51 bytes) within the traffic section 2404. Thus, in order to match the line rate of the DS3 line 2316, the cell formatter 2304 packs a different number of bytes into the traffic section 2404 of the data
15 cell 2400.

In the example above, the cell formatter 2304 is configured by software to know which data cells 2400 contain 49 bytes and which bytes contain 50 bytes; however, the three remaining data cells 2400 contain a variable number of bytes (either 49, 50, or 51) depending on the line rate of the individual DS3 line 2316. If the DS3 line 2316 is "fast", there will be more bytes in
20 the byte-stuffer 2308, and the remaining three data cells 2400 will contain 51 bytes. If the DS3 line 2316 is "slow", then the remaining three variable data cells 2400 will contain 49 bytes. If the DS3 line 2316 is about as expected, then the remaining three variable data cells 2400 will contain 50 bytes.
25 The control byte 2406 added by the cell formatter 2304 in order to indicate to the receiving DS3 transparent SSI module 2300 (e.g. at the remote terminal) how many bytes are contained within the traffic section 2404 of the remaining variable data cells 2400. The buffer 2306 is used for messaging between the CPU 2310 and the channel and control module of the indoor unit.

Once the data cells 2400 are placed on the multi-transport mode cell bus 2302 by the cell formatter 2304, the data cells 2400 are sent over the air interface as a quad burst having a structure as shown in FIG. 7A. The quad bursts are received at the remote terminals, which route the cells to the corresponding DS3 transparent SSI module 2300 of the remote terminal.
30

At the remote terminal, the data cells 2400 arrive on the multi-transport mode cell bus 2302 at the cell formatter 2304 where the data bytes are unpacked from the data cells 2400. The cell formatter is configured by software to know which data cells 2400 contain the how many bytes, except for the remaining variable data cells 2400, which contain a variable number of data bytes due
35 to the line of the DS3 line at the sending DS3 transparent SSI module 2300. The control byte 2406 supplies this information to the cell formatter 2304.

Additionally, as stated above, the DS3 transparent SSI module 2300 assigns the control byte 2406 to indicate whether the remaining data cells 2400 contain 49, 50, or 51 bytes in their respective traffic section 2404. This practice is done in prior art DS3 transparent SSI modules in point to point links; however, at the receiving end, the matching DS3 transparent SSI module must
5 read the control byte of every data cell to determine the number of bytes contained within the traffic section 2404 of the data cell 2400.

Advantageously, the present embodiment is configured, e.g. in 64-QAM mode, such that out of 171 64-QAM quad bursts within a 6 msec air interface frame format (an example of FIG. 5), there are only 3 possible data cells 2400 that could have a variable number of data bytes (e.g. 49, 10 50, or 51). Those 3 data cells 2400 are located in the last 3 data fields of the last 64-QAM quad burst as shown in FIG. 7A (i.e. quad burst #171): data field 2 704, data field 3 704, and data field 4 704, and get translated to the last three timeslots on the multi-transport mode cell bus 2302. This is due to the clock speed of the point to multipoint system, the length of the air frame format, the length of the data fields of the quad bursts, and the rate of which the byte-stuffer 2308 operates. Thus,
15 advantageously, the cell formatter 2304 at the receiving DS3 transparent SSI module 2300 only has to read the control byte 2406 of the last three data fields 704 of the last quad burst, not the control bytes 2406 of all data cells 2400 received as conventional DS3 transparent SSI modules do. This feature reduces the processing requirements and improves the throughput of the DS3 transparent SSI module 1800.

Furthermore, due to the unique size of the traffic section 2404 of the data cell 2400
20 and that only the last three control bytes 2406 are read, only the two least significant bits in each control byte 2406 need to be read by the cell formatter 2304. The number of remaining data cells 2400 that have a variable length is derived from the worst case clock offsets (e.g. 89 parts per million) between the clock of the multi-transport mode cell bus 2302 and the clock of the DS3 line 2316. This greatly reduces the processing the cell formatter has to do for each received data cell 2400.

25 As the bytes are unpacked to the byte-stuffer 2308, a variable number of bytes are received into byte-stuffer 2308 to be output to the DS3 line 2316, which creates a clock delay. Thus, the jitter attenuator 2312, which comprises a FIFO (first in first out) and a phase locked loop (PLL), buffers the bytes for transmission on the DS3 line 2316. It stores the bits and transmits them onto the DS3 line 2316 at the average clock rate that the data bytes are received into the DS3 transparent SSI module 2300. Thus, the bits leaving the jitter attenuator 2312 leave at a constant rate, not effected by the potential stop and go clocking created when a received data cell 2400 contains a variable number of bytes. Thus, the timing of the signals from the point to multipoint system is adapted back to the timing of the incoming DS3 line 2316 at the remote terminal.

30 The data buffered in the FIFO of the jitter attenuator 2312 is sent due to clock edges from the PLL of the jitter attenuator 2312. The PLL is locked to a reference (i.e. clock) supplied by the cell formatter 2304. The use of a PLL is known; however, the use of a PLL in order to reduce jitter is unique to this embodiment of the present invention.

- The number of bytes in the FIFO cause the reference to adjust, if necessary. Adjustments are made periodically by lengthening or shortening the reference to the PLL. The adjustment is dependent on the number of bytes in the FIFO of the jitter attenuator 2312 and the control byte 2406. The number of bytes in the FIFO control the polarity of the adjustment. For example, less than the expected number of bytes (e.g. 49), causes the reference to decrease, and more than the expected number of bytes (e.g. 51) causes the reference to increase. The control bytes 2406 of the remaining number of variable data cells 2400 dictates the adjustment to the reference. Thus, the rate of change at which bytes are output from the jitter attenuator 2316 is, in effect, limited; thus, reducing jitter on the output clock to the DS3 line input unit 2314 and DS3 line 2316.
- 10 Note that the data flow from the remote terminal back to the hub terminal is the same except reversed. Furthermore, the data transfer occurs simultaneously from the hub terminal to the remote terminal and from the remote terminal to the hub terminal. All of the components used are understood to those skilled in the art; thus, no further explanation is needed.

15 Multi-Transport Mode SSI Module

Referring next to FIG. 25A and 25B, a block diagram is shown for a multi-transport mode SSI module that is used in the remote terminal shown in FIG. 2. The multi-transport mode SSI module 2500 handles both synchronous traffic (TDM) and asynchronous traffic (ATM) and contains the multi-transport mode cell bus 2502, TDM cell formatter 2504 (TDM signal formatter), ATM cell formatter 2506 (ATM signal formatter), message buffer 2508, ATM timeplan and filter memory 2510, receive buffer 2512, transmit buffer 2514, PCM buffer controller 2516, PCM serial bus 2518, first utopia I bus 2520, second utopia I bus 2521, input/output (IO) bus 2522, AAL5 SAR 2524, AALS buffer 2526, AAL1 SAR 2528, AAL1 buffer 2530, central processing unit (CPU) 2532, PCI bridge 2538, PCI bus 2540, high-level data link control (HDLC) controller 2542, ROM bus 2544, Frame Relay serial bus 2546, CES serial bus 2548, LAN controller 2550 (shown in FIG. 25B for multi-transport mode SSI module 2501), timing multiplexer 1952, T1/E1 framers 2554.

The multi-transport mode cell bus 2502 is coupled to TDM cell formatter 2504 and the ATM cell formatter 2506. The TDM cell formatter 2504 is coupled to message buffer 2508, IO bus 2522, receive buffer 2512, transmit buffer 2514, and PCM buffer controller 2516. The PCM buffer controller 2516 is coupled to the timing multiplexer 2552 via a PCM serial bus 2518, and the ROM bus 2544. The ATM cell formatter 2506 is coupled to the ATM timeplan and filter memory 2510, and IO bus 2522. The AAL1 SAR 2528 and the AALS buffer 2526 are coupled to the ATM cell formatter via the first utopia I bus 2520 and the second utopia I bus 2521, respectively. The AAL1 SAR 2528 is coupled to the AAL1 buffer 2530 and the timing multiplexer 2552 via the CES serial bus 2548. The AALS SAR 2524 is coupled to the AALS buffer 2526 and the PCI bus 2540. The PCI bus 2540 is coupled to the IO bus 2522 via the PCI bridge 2538, CPU 2532, the HDLC controller 2542, and the LAN controllers 2550 (for the multi-transport mode SSI module 2501 in FIG. 25B). The

HDLC controller 2542 couples to the timing multiplexer 2552 via a frame relay serial bus 2546. The timing multiplexer 2552 also couples to the T1/E1 framers 2554.

In practice, the multi-transport mode SSI module 2500 (also referred to as the universal SSI module), has the ability to handle both asynchronous traffic (such as ATM) and

- 5 synchronous traffic (such as TDM) on the same card (SSI module). This feature is a departure from the prior art wherein SSI modules only handle either one transport mode or the other.

Additionally, the multi-transport mode SSI module 2500 is different than the previous SSI modules described above since, again, they only handle one traffic type or the other.

- 10 However, like the multi-transport mode SSI module 2500, the SSI modules described above still must be able to interface with the multi-transport mode cell bus and properly format the data cells for transmission on the cell bus. Thus, the multi-transport mode SSI module 2500 is provided for subscribers who require both TDM and ATM services from the same card. It has eight T1/E1 interfaces 2554 in FIG. 25A and 4 T1/E1 interfaces 2554 and 4 LAN controllers 2550 for the multi-transport mode SSI module 2501 in FIG. 25B, but could be altered in manufacturing cased upon
- 15 specific needs. Therefore, advantageously, the DS0s of a T1/E1 line can be transported in TDM mode or ATM (AAL1 or AAL5) mode selected on a per line basis. The data traffic is transported in TDM or ATM (AAL-1/AAL-5) for the T1/E1 interface (T1/E1 framer 2554) or ATM (AAL-5) for the LAN interface (LAN controller 2550).

- The ATM and TDM traffic is received by the multi-transport mode SSI module 2500 through the multi-transport mode cell bus 2502. Since the traffic on the cell bus 2502 contains IM-Com cells including messages, and CB-Data cells including TDM and ATM cells; thus, the multi-transport mode SSI module 2500 must be able to sort the mixed traffic apart. There are two controllers (cell formatters) at the interface with the multi-transport mode cell bus 2502: the TDM cell formatter 2504 and the ATM cell formatter 2506. The TDM cell formatter 2504 is told which
- 25 timeslots that it needs to listen to by reading the timeplan in the message buffer 2508, which is a dual port RAM, provided through the IM-Com messaging, so that it may copy the proper TDM cells from the cell bus 2502, and not unwanted TDM cells or ATM cells. The ATM cell formatter 2506 uses the ATM address filtering technique described in FIGS. 30-31B to extract only the ATM cells that are destined for the subscriber.

- 30 The TDM cell formatter 2504, which is custom logic, reads the time plan memory contained in the message buffer 2508 (e.g. 8k X 8 dual port RAM) on every overhead timeslot of the multi-transport mode TDM cell bus 2502 (see FIG. 15). If enabled, the TDM cell formatter 2504 copies the IM-Com cell to the message buffer 2508, which is routed to the CPU 2532 through the IO bus 2522, PCI bridge 2538, and PCI bus 2540. The intermodule communication messages (from the
- 35 IM-Com section) provide the means for the channel and control module of the indoor unit to communicate with the multi-transport mode SSI module 2500.

For TDM traffic, The TDM cell formatter 2504 reads the time plan memory from the message buffer 2508 on to the data cells. If a cell is enabled, it is copied to an internal fifo (first in first out). The destination buffer address is read from the time plan memory and the cell is copied to the receive buffer 2512 (e.g. 32k X 32 synchronous static RAM) to be sent the PCM buffer controller 2516. The TDM cell formatter 2504 unpacks the specially formatted TDM cells (see FIGS. 29 and 41-43) into DS0s which include both PCM data and signaling data, such as call associated signaling (CAS). As will be described in FIG. 29, prior art TDM cells only contain PCM data or signaling data, not both data within the same TDM cell.

The TDM cell formatter 2504 further uses TDM buffering techniques which unpack 10 the cells using a PCM mapping control structure (PMCS) contained in the message buffer 2508 according to the specific type of TDM cell. This TDM buffering is described more fully with reference to FIGS. 39 through 44B.

The PCM buffer controller 2516 extracts the DS0s (PCM data and CAS bits) from the receive buffer 2512 and packs the DS0s into T1/E1s (or DS1s). Thus, the PCM buffer controller 15 2516 converts the byte-serial data streams into 2 bit-serial data streams, one for PCM data and one for signaling, for the timing multiplexer 2552. The TDM cell formatter 2504, receive buffer 2512, and the PCM buffer controller 2516 function as a cross port switch. Advantageously, this function allows any timeslot from the cell bus 2502 to be mapped to any timeslot in any T1/E1 line. The PCM buffer controller 2516 is custom logic to allow for design flexibility. The timing multiplexer 2552 (timing 20 mux) multiplexes the DS1 data and signaling streams from the PCM buffer controller 2516, via the PCM serial bus 2518, into one of the T1/E1 framers 2554 to be framed for transmission through one of the T1 lines. The T1/E1 framers 2554 insert the signaling into the output of the T1/E1 line. The T1 framers 2554 support standard framing such as extended super frame (ESF). Note that the timing for the multi-transport mode SSI module 2500 is received from the multi-transport mode cell bus 2502, which, in turn, was recovered from the timing sent by the hub terminal. The timing is further 25 discussed in FIGS. 13 and 14.

The data flow is just the opposite coming from the T1/E1 line to the multi-transport mode SSI module 2500 and to the multi-transport mode cell bus 2502. The framing is removed and the signalling is extracted by the T1/E1 framers 2554 from the DS1s. The timing multiplexer 2552 multiplexes the DS1s to the PCM buffer controller 2516. The PCM buffer controller 2516 unpacks 30 the DS1s into DS0s, i.e. PCM data and signaling data, then copies the DS0s to the transmit buffer 2514 (e.g. 32k X 32 SRAM) according to the TDM buffering described in FIG. 39. The transmit buffer 2514 behaves the same as the receive buffer 2512, only in the other direction. The TDM cell formatter 2504 packs the DS0s into specially designed TDM cells of FIGS. 29, 41, 42, and 43 to be 35 transmitted onto the multi-transport mode cell bus 2502 at the appropriate time according the timeplan stored in the message buffer 2508. The TDM cell formatter 2504 packs the DS0s into different cell types to minimize delay depending on the data being sent using a PCM mapping control

structure (PCMS) within the message buffer 2508. (see FIGS. 39 through 44B discussing TDM buffering). Once the cells are on the multi-transport mode cell bus 2502, they are modulated and carried, by the remote terminal, over the air interface (radio interface) to the hub terminal as discussed above.

- 5 For ATM traffic, the ATM cell formatter 2506 uses the ATM address filtering technique described with FIGS. 30-31A in order to distinguish the ATM cells from the TDM cells on the multi-transport mode cell bus 2502, and to further distinguish the ATM cells destined for the subscriber and the ATM cells that are to be discarded. The ATM address filtering technique also distinguishes between AAL1 and AALS cells. The ATM timeplan and filter memory 2510, which a
10 RAM, contains the necessary ATM address filtering lookup tables described in FIGS. 30-31A. The ATM timeplan and filter memory 2510 also contains the time plan for inserting ATM cells back onto the multi-transport mode cell bus 2502. The fact that the ATM formatter 2506 uses a timeplan to map ATM cells onto a cell bus is a departure from a prior art ATM-based SSI module. Typically, ATM cells are multiplexed onto a bus as they arrive without regard for a specific timeslot assignment,
15 since the ATM cells are routed according to header information. This feature applies to all of the ATM-based SSI modules described herein.

Once an ATM cell is accepted, the AAL1 cells, such as circuit emulation service (CES), are copied to the AAL1 SAR 2528 (segmentation and reassembly), via a first utopia I bus 2520, while the AALS cells, such as frame relay cells, are copied to the AALS SAR 2524, via a
20 second utopia I bus 2521. Both the AAL1 SAR 2526 and the AALS SAR 2528 use the AAL1 buffer 2530 and AALS buffer 2526, respectively, to pack the ATM cells into packets to be sent through the T1/E1 line. The AAL1 buffer 2530 and the AALS buffer 2526 are both static RAMS. The AAL1 packets contain CES and CAS signaling and are multiplexed to the timing multiplexer 2552 through the CES serial bus 2548. The AAL1 SAR 2528 supports up to 256 bi-directional CES + CAS
25 channels to be assigned to individual timeslots within a maximum of 8 T1/E1 lines. For unframed, unchannelized links, the AAL1 SAR 2528 supports up to 8 bi-directional CES channels within 8 T1/E1 lines. The AAL1 SAR 2528 also supports synchronous residual time stamp (SRTS) for unchannelized, unframed T1 links.

The AALS SAR 2524 converts the ATM cells to frame relay packets to be sent, via a
30 PCI bus 2540, to an HDLC (high-level data link control) controller 2542 where the frame relay packets are sent to the timing multiplexer 2552, via a frame relay serial bus 2546. For channelized links, the HDLC controller 2542 supports up to 128 bi-directional HDLC channels within 8 T1/E1 lines. For unchannelized links, the HDLC controller 2542 supports up to 8 bi-directional HDLC channels within 8 T1/E1 lines. The frame relay packets are multiplexed by the timing mux 2552 to
35 the T1/E1 framers 2554 to be framed for transmission through one of the T1/E1 lines.

For ATM traffic from the T1/E1 line into the multi-transport mode SSI module 2500, the timing multiplexer 2552 sends the CES packets to the AAL1 SAR 2528 for AAL1 traffic.

The timing multiplexer 2552 sends frame relay traffic (AAL5) to the HDLC controller 2542 which manages the different channels. The frame relay packets then go to the AALS SAR 2524 to be unpacked into ATM cells. The ATM cells go to the ATM cell formatter 2506 from either the AAL1 SAR 2528 via the first utopia I bus 2520 or from the AALS SAR 2524 via the second utopia I bus 2521. The ATM timeplan and filter memory 2510 contains the time plan for copying ATM cells to the multi-transport mode cell bus 2502. The ATM cell formatter 2506 does not have access to the intermodule communication timeslots (IM-Com) of the cell bus. Only the TDM cell formatter 2504 formats the IM-Com timeslots in this embodiment. Note that the cells from the AAL1 SAR 2528 are forwarded to the multi-transport mode cell bus at a higher priority than those from the AALS SAR 2524, since the AAL1 cells are more delay sensitive.

As shown in FIG. 25B, the multi-transport mode SSI module 2501, alternatively, has four T1 line interfaces 2554 and four LAN controllers 2550. The LAN controllers 2550 supports 10/100base-T connections to an Ethernet network. This is provided to support subscribers requiring more bandwidth than a T1 line provides. The LAN controller 2550 controls the flow of 10/100base-T traffic to and from the AALS SAR 2524.

Note that not all of the functional components of the multi-transport mode SSI modules 2500 and 2501 have been fully described. Such components, and their implementation, are known to those skilled in the art; thus, no further explanation is needed.

Furthermore, since any timeslot from the multi-transport mode cell bus 2502 can be mapped to any DS0 of the T1/E1 line, and since the timing multiplexer 2552 multiplexes both ATM packets and TDM packets, a single T1 line (or E1 line) can be broken down by DS0s. For example, the first five DS0s (out of 24 DS0s in a T1 line) can be used for AALS traffic (frame relay), while the next 10 DS0s are used for AAL1, and last nine DS0s can be used for TDM traffic. Advantageously, this provides the subscribers with great flexibility in channel assignment.

25

ATM Address Filtering

Referring next to FIG. 26, a block diagram is shown that illustrates an ATM address filtering technique, performed by an ATM switch 2600 of the ATM-OC3c SSI module as ATM traffic enters the point to multipoint system of FIG. 2 at the hub terminal. In addition, FIG. 27, which is a flowchart illustrating the steps involved in the ATM address filtering technique associated with FIG. 26. Thus, the steps in FIG. 27 will be referred to while discussing FIG. 26. Shown in FIG. 26 is the ATM switch 2600 configured for a multi-modulation environment containing a backhaul line 2602, Phy 2604, ATM line and buffer manager 2606 (hereinafter referred to as the ALBM 2606), Utopia II bus 2608, ATM formatter 2610, n modulation buffers 2612, the multi-transport mode cell bus 2614, and timeplan/modulation lookup table 2616.

For the ATM switch 2600, the backhaul line 2602 is connected to the Phy 2604. A Utopia II bus 2608 couples the Phy 2604 to the ALBM 2606. The Utopia II bus 2608 also couples the

ALBM 2606 to each of n modulation buffers 2612, of the ATM formatter 2610; which are configured Phys in conventional ATM switches. Each of the multi-modulation buffers 2612 are located within the ATM formatter 2610 and are coupled to the multi-transport mode cell bus 2614.

- In practice, this ATM address filtering technique is used at the hub terminal in the
- 5 ATM-OC3c SSI module (see FIG. 22). The ATM address filtering technique filters the ATM traffic to the correct remote terminal by routing the ATM traffic to different modulation buffers 2612; thus, creating differently modulated streams of ATM traffic. The modulation buffers 2612 buffer the ATM cells to be placed on the multi-transport cell bus 2614. The ATM cells in the different modulation buffers 2612 will be modulated using a different modulation. Only the remote terminals able to
- 10 demodulate the particular modulation will receive the ATM cells.

The core of the ATM switch 2600 is the ALBM 2606 is a conventional off-the-shelf ATM chipset as known in the art. The ATM chipset, as designed, was not intended for use in wireless systems. The ATM chipset has no capacity or knowledge to understand modulations or time plans. It only knows that it supports n Phys, each Phy is associated with a Phy address on the Utopia bus (here, Utopia II bus 2608). The Phy is an abbreviation for "physical" and is a physical layer ATM device, such as a cell delineator or a buffer, that performs the physical layer ATM functions. This ATM address filtering technique uses the ATM chipset (as the ALBM 2606) in a unique way to replace a much more complex method of creating overhead messaging to split the ATM cells into one of the differently modulated traffic streams.

20 In this embodiment of the present invention, the ATM switch is configured such that each of the n Phys acts as a modulation buffer 2612 for a different modulation type. Each modulation buffer 2612 corresponds to one modulation stream. Thus, there is a unique mapping of the Phy addresses on the Utopia II bus 2608 to a specific modulation type according to respective modulation buffers 2612. The n Phys become n modulation buffers 2612. Furthermore, the specific

25 virtual path identifiers (VPIS) and virtual channel identifiers (VCIs) are uniquely associated with respective modulation modes to be used for each modulation buffer 2612. In this embodiment, there are three modulation buffers 2612 and thus there are three groups of VPI/VCI's. Each group maps to one of the modulation buffers 2612. The mapping from each group of VPI/VCI's is determined by the destination remote terminals modulation type. This ensures that an ATM cell that arrives from the

30 backhaul line 2602 gets routed to the correct modulation stream, and thus the correct remote terminal.

The ALBM 2606 monitors the depth of its own internal buffers and performs the ATM quality of service functions, while the ATM formatter 2610 controls the timeslots that ATM cells are sent to the multi-mode radio (either hub terminal or remote terminal), and thus, the modulation mode used. For example, the first modulation buffer 2612 will support QPSK, the second

35 modulation buffer 2612 will support 16-QAM, and the third modulation buffer 2612 will support 64-QAM. Thus, ATM cells will be dynamically routed to the appropriate modulation buffer 2612

depending on the header information (VPI/VCI). And, thus, the VPI and VCI are used to map the ATM cells to respectively modulated traffic streams.

In operation, the ATM traffic enters a Phy 2604, which is a cell delineator from the backhaul line 2602. The backhaul 2602 is typically an OC3c line, but may be another physical medium known in the art. The ATM cells are delineated at the Phy 2604; thus, the payload (ATM cells) is extracted from the frame and sent to the ALBM 2606. The Utopia II bus 2608 carries the cells to the ALBM 2606. The ATM chipset or ALBM 2606 guarantees quality of service (QOS) on a per-VC (virtual channel) basis. It has sophisticated built in hardware to manage the QOS in a very responsive manner. Thus, the ALBM 2606 buffers the arriving ATM cells according to the configured priorities associated with the virtual channels (Step 2702 of FIG. 27). The ALBM 2606 supports multiple Phys, here n Phys. The n Phys are each very shallow FIFOs (first in, first out) that only hold two cells.

The timeplan/modulation lookup table 2616 contains the timeplan, the Phy (here, modulation buffer 2612), and the modulation mode used for each timeslot of the multi-transport mode cell bus 2614. The timeplan/modulation lookup table 2616 is coupled to the ATM formatter 2610 and is stored within a buffer or memory, such as a static RAM. The ALBM 2606 reads the header information (VPI and VCI) of the ATM cells to know which modulation buffer 2612 to send the ATM cells to. The ALBM 2606 then transmits the ATM cells to modulation buffers 2612 of the ATM formatter 2610 when the ATM formatter 2610 instructs it to do so, as described below. In order to ensure that the ALBM 2606 sends the ATM cells at the correct rate, the ATM formatter 2610 only accepts ATM cells on a per Phy basis that matches the rate for the corresponding modulation mode. This is a "backpressure" loading technique wherein the ATM formatter 2610 performs a lookup in the timeplan/modulation lookup table 2616 for each timeslot of the multi-transport mode cell bus 2614. The timeplan/modulation lookup table 2616 tells the ATM formatter 2610 which ATM cells from which modulation buffers 2612 go into which timeslot of the multi-transport mode cell bus 2614. Thus, the ATM formatter 2610 determines when each modulation buffer 2612 is active for a particular timeslot using the timeplan/modulation lookup table (Step 2704 in FIG. 27), then asserts a handshake signal on the Utopia II bus 2608 (Step 2706 of FIG. 27). At the same time, the ALBM 2606 is constantly polling all of its Phys (including modulation buffers 2612) looking for an active handshake signal. When the ALBM 2606 sees an active handshake signal, the ALBM 2606 transmits the appropriate ATM cell to the active Phy, and thus, the active modulation buffer 2612 (Step 2708 of FIG. 27). Then, the ATM formatter 2610 forwards the ATM cells from the modulation buffers 2612 to the appropriate timeslot of the multi-transport mode cell bus 2614 (Step 2710 of FIG. 27).

Therefore, in summary, this scheme produces three separate modulation streams of ATM cells, one for each modulation type. The ATM cells are copied from each modulation buffer 2612 onto the multi-transport mode cell bus as CB-Data cells (see FIG. 15). The CB-Data cells are then sent to the channel and control module of the indoor unit of the hub terminal where they are

mapped to a corresponding air interface frame format (see FIGS. 5 and 15) and modulated to one of the three modulations of the multi-modulation modem (see FIG. 11) according to which timeslot the cells are located. Thus, each modulation stream is made up of groups of timeslots, where each group of timeslots is modulated with a different modulation. The timeslots in each group do not have to be sequential.

Thus, advantageously, the ATM switch 2600 conveniently configures the ALBM 2606 such that each Phy address on the Utopia bus has a one to one association with a modulation type in order to create differently modulated streams of ATM cells. Also, each set of VPIs and VCIs are associated with a modulation type. It is important to note that the Utopia II bus 2608 is shown as two separate busses in FIG. 26; however, it is physically one bus, as is understood in the art.

In another embodiment, the ATM filtering shown in FIG. 26 may separate the ATM cells from more than one subchannel into separate streams of modulated traffic. The embodiment above creates differently modulated streams of ATM cells for one subchannel of a frequency channel. In order to support more than one subchannel, more than one ATM formatter 2610 is needed, i.e., one ATM formatter 2610, for each subchannel (in this embodiment a subchannel is 12.5 MHz). Thus, instead of one ATM formatter 2610, there are n ATM formatters 2610 for n subchannels. The Utopia II bus 2608 is able to support up to 30 devices total. Thus, a multi-subchannel ATM switch 2600 with a single ALBM 2606 may support up to 9 subchannels, i.e. nine ATM formatters 2610 each having three modulation buffers 2612, for example. In such a multi-channel ATM switch, each Phy address would be uniquely associated with a specific subchannel and a specific modulation type corresponding to a specific modulated stream of traffic.

Another method to create differently modulated streams would be to add a "tag" to each ATM cell. The tag is known in the art and is similar to a header that routes the ATM cell to the desired location, e.g. a respective modulation buffer 2610. However, the tag adds to the ATM cell and to the cell processing, and does not take advantage of the ATM chipset's configured priorities.

FIG. 26 corresponds to FIG. 22 which describes the ATM-OC3c SSI module, such that the ALBM 2606 of FIG 26 is the same as the ALBM 2211 including the buffer manager 2216, buffer manager buffer 2218, cell processor 2212, and the cell processor buffer 2214 of FIG. 22. The ATM formatter 2224 of FIG. 22 is the same as the ATM formatter 2610 in FIG. 26 and contains each of the n modulation buffers 2612. The timeslot/modulation lookup table 2616 is contained in the formatter buffer 2226 of FIG 22.

Next, an introduction to the basic cell structures of the standard ATM cell and the specially designed TDM cell used in this embodiment of the present invention will assist in the clarification of the address filtering technique process done at the SSI modules of the remote terminal.

Referring next to FIG. 28, a block diagram is shown for an Asynchronous Transfer Mode (ATM) cell 2800 used in the point to multipoint system of FIG. 2. The ATM cell 2800 is a standard cell known in the art and has a header section 2802 and a data section 2804. The header

section 2802 contains a virtual path identifier (VPI) 2806, virtual channel identifier (VCI) 2808, and other headers 2810. The standard ATM cell 2800 is 53 bytes in length. The header section 2802 is five bytes and the data section 2804 is 48 bytes. The header section carries standard information, such as the VPI, VCI and other headers known in the art. The VPI 2806 is 8 bits and identifies the virtual path and the VCI 2808 is 16 bits and identifies the virtual channel. The VPI and VCI are inserted at the ATM formatter of the ATM-based SSI modules at the hub terminal so that the ATM-based SSI modules of the remote terminal can retrieve the proper ATM cells.

Referring next to FIG. 29, a block diagram is shown for a time-division-multiplexed cell (hereinafter referred to as a TDM cell 2900) used in one embodiment of the point to multipoint system. The TDM cell 2900 has a data section 2902 and a header section 2904 containing a virtual path identifier (VPI) 2906, and other headers 2908. Note that the TDM cell 2900 can also be referred to as a TDM packet; however, the specification refers to it as a TDM cell since it is being modeled after an ATM cell. Additionally, the ATM cells 2800 and TDM cells 2900 can be referred to generically as ATM signals and TDM signals.

Advantageously, the TDM cell 2900 is designed to be the same length as the standard ATM cell (i.e. 53 bytes) so that the ATM cells 2800 and the TDM cells 2900 can be interchanged within the same data cell (data cell 1704 in FIG. 17) on the multi-transport mode cell bus and within the same data field (data fields 704 of FIGS. 7A-7B) of the air interface frame format.

Furthermore, the TDM cell 2900 has a 5 byte header section 2902 and a 48 byte data section 2904, similar to the ATM cell. This is a departure from prior art TDM cell structures. Prior art TDM cell structures, no matter what length, do not require header sections 2902 since they are transported and switched according to which timeslot the TDM cell is in. Additionally, the TDM cell 2900 uses an ATM specific header, VPI 2906, inserted into its header section 2902. Thus, the use of a header section on a TDM cell 2900 and especially, an ATM header, VPI 2906, on a TDM cell 2900 is unique to this embodiment of the present invention. The VPI 2906 is inserted in the TDM cell 2900 by the cell formatter of the TDM-based SSI modules at the hub terminal. The VPI 2906 is positioned into the exact location within the header section 2902 as the VPI 2906 would be found on an ATM cell and is used in the address filtering techniques described below.

In addition, the data section 2904 is typically used to carry pulse-code-modulated data (hereinafter referred to as PCM data) from a digital signal level zero (also known as a DS0). PCM data and DS0s are well known in the art and; thus, no further explanation is needed. Signaling data, such as channel associated signaling (also known as CAS) corresponds to the PCM data and is sent in separate TDM cells. In this embodiment of the present invention, the other headers 2908 in the header section 2902 are not wasted but, advantageously, are used to carry the signaling data, while the data section 2904 is used to carry the PCM data. Placing signaling data and PCM data into the same TDM cell 2900 is a departure from a conventional TDM cell that only contains PCM data or signaling data. Thus, the need to carry signaling data and PCM data in separate TDM cells which are

separately switched according to timeslots is eliminated. Note that the signaling data still must be separated from the PCM data. Refer to the TDM buffering described in FIGS. 41 through 43 for more details.

- Another feature of this embodiment is that the data section 2904 can be broken down to carry PCM data from more than one DS0. A conventional TDM cell only carries data from 1 DS0. Depending on the specific TDM cell type as described in FIGS. 41 through 43, multiple DS0s from a T1 line can be multiplexed into the same TDM cell. This process is further explained in FIGS. 39 through 44B.

Referring next to FIG. 30, a block diagram is shown for an ATM address filtering function that is performed at every ATM-based SSI module, such as shown in FIGS. 20, 22, 25A and 25B at the remote terminals. Corresponding steps from FIGS. 31A and 31B, which illustrate the steps performed in the ATM address filtering techniques at the ATM-based SSI modules, will be referred to while referring to FIG. 30. The ATM address filtering diagram 3000 shows a multi-transport mode cell bus 3002, ATM formatter 3004 (or ATM signal formatter) containing a VPI compare 3006, an optional VPI lookup table 3007 and optional VPI accept/discard bit 3009 (for the ATM-OC3c SSI module of FIG. 22), buffer 3008 containing a VCI lookup table 3010, Utopia bus 2312, and a TDM cell formatter 3022 (or TDM signal formatter). The VCI lookup table 3010 has an VCI accept/discard bit 3016, AAL1/AAL5 bit 3018, and a second 8 bit portion 3020. The VPI compare 3006 includes the extracted VPI 3024, a register 3026, and a comparator 3028. Also shown are an AAL1 SAR 3013 and an AAL5 SAR 3014.

The multi-transport mode cell bus 3002 is coupled to the ATM formatter 3004 and the TDM cell formatter 3022. The ATM formatter 3004 contains the VPI compare 3006 and the optional VPI lookup table 3007. The ATM formatter 3004 is coupled to the buffer 3008, Utopia bus 2312. The buffer 3008 contains the VCI lookup table 3010. The ATM formatter 3004 and the TDM cell formatter 3014 are both custom logic devices.

In practice, the multi-transport mode cell bus 3002, as described with reference to FIGS. 15-18 interfaces with an ATM formatter 3004 and/or a TDM cell formatter 3022 depending on which SSI module is inserted into an SSI slot of the indoor unit at the remote terminal. The ATM address filtering technique is done at the ATM SSI modules (e.g. Quad DS1/AAL1 SSI module, multi-transport mode SSI module, and the ATM-OC3c SSI module) at the indoor unit of the remote terminal for mixed traffic flowing from the hub terminal to the remote terminal and exiting the point to multipoint system to the subscribers. This technique is used to distinguish TDM cells from ATM cells received on the multi-transport mode cell bus 3002. Once the right type of cell is sorted, the cells need to be further sorted to determine which cells on the multi-transport mode cell bus 3002 are destined for the particular SSI module.

The block diagram shown is for a generic ATM SSI module, rather than describing a particular SSI module, e.g. the Quad DS1/AAL1 SSI module as described in FIG. 20, the ATM

OC3c SSI module of FIG. 22, or the multi-transport mode SSI module in FIGS. 25A and 25B. Thus, the block diagram of FIG. 30 and the flowcharts of FIGS. 31A and 31B represent the process carried out at each ATM SSI module at the remote terminal, regardless of the type. Note that only the multi-transport mode SSI modules in FIGS. 25A and 25B actually contain both the ATM formatter 3004
5 and the TDM cell formatter 3022, while the other ATM-based SSI modules only contain an ATM formatter 3004 and not the TDM cell formatter 3022.

For an SSI module (i.e. a TDM-based SSI module) that is configured for TDM traffic, the filtering process is relatively simple. The IM-Com message slots on the multi-transport mode cell bus 3002 (see FIG. 15) provide the TDM cell formatter 3022 with the appropriate time slots
10 to listen to. This time plan is stored in a message buffer (not shown). Thus, the TDM cell formatter 3022 simply pulls the TDM cells from the time slots that it is configured to. This ensures that the TDM cell formatter 3022 will only copy the desired TDM cells, and not unwanted TDM and ATM cells.

For an SSI module (i.e. ATM-based SSI module) that is configured for ATM traffic,
15 the filtering process involves a compare and table lookup scheme. The ATM formatter 3004 receives every incoming cell on the multi-transport mode cell bus 3002 containing both TDM and ATM cells (Step 3100 of FIG. 31A) and temporarily stores it in an internal FIFO (first in first out). Then, the ATM formatter 3004 performs a VPI extraction on the received cells and then the VPI compare 3006 compares the extracted VPI against a stored VPI for the particular SSI module; thus, performing a
20 VPI comparison (Step 3102 of FIG. 31A). The VPI compare 3006 uses a comparator 3028 to compare the extracted VPI 3024 with an internal VPI that is stored within a register 3026. (Step 2352 of FIG. 23A). If the VPI of the incoming cell matches the internal VPI (Step 3104 of FIG. 31A), then the cell is kept. All other incoming cells with non-matching VPIs are discarded (Step 3106 of FIG.
25 31A). Since all TDM cells have a VPI that is unique to TDM cells as described above in FIG. 29, in the same position as an ATM VPI header, the VPI compare 3006 of the ATM formatter 3004 simply reads the VPI of the TDM cell and discards the TDM cell just as if it were an ATM cell. Thus, only the ATM cells destined for the particular SSI module are kept. Thus, the TDM cells are distinguished
30 from the ATM cells to be kept by the particular SSI module. Furthermore, the VPI compare could be configured to specifically match the assigned VPI of the TDM cells and discard the TDM cells on this basis. Thus, again the ATM cells would be distinguished from the TDM cells.

The next step in the process once the ATM cells have been kept, is to do a VCI lookup on the kept ATM cells in the VCI lookup table 3010 (Step 3108 of FIG. 31A) located in the buffer 3008, which is a static RAM, on the VCI header 2808 of kept ATM cells. The VCI lookup step extracts the 14 least significant bits of the VCI and applies these bits as an index into the VCI lookup
35 table 3010. The VCI lookup table 3010 supports 2^{14} addresses but could support up to 2^{16} addresses. Once the index is applied, 16 bits are read out of the VCI lookup table, and latched in the ATM formatter 3004, in a single access. The first 8 bits of the lookup table contain a VCI accept/discard bit

3016 and an AAL1/AAL5 bit 3018. If the VCI accept/discard bit is a "0" (Step 3110 of FIG. 31A), there is not a match and the ATM cell is discarded with no further processing (Step 3106 of FIG. 31A). If the VCI accept/discard bit is a "1" (Step 3110 of FIG. 31A), there is a match and the ATM cell is kept.

5 Additionally, if the ATM cell is kept, the VCI lookup table 3010 includes an AAL1/AAL5 bit 3018 which tells the ATM formatter 3004 if the ATM cell is an AAL1 ATM cell or an AALS ATM cell (Step 3112 of FIG. 31A) and should be routed to the AAL1 SAR 3013 or the AALS SAR 3014 via the Utopia bus 3012. If a matched cell is an AALS cell (Step 3112 of FIG. 31A), then it will be routed to the AALS SAR 3014 via the Utopia bus 3012 to be processed as

10 described earlier in the specification (Step 3114 of FIG. 31A).

If the matched cell is an AAL1 cell (Step 3112 of FIG. 31A), then the cell will be sent to the AAL1 SAR 3013 via the Utopia bus 3012. However, the cell will be slightly modified. The lower 8 bits of the VCI need to be translated by performing a lower VCI translation (Step 3116 of FIG. 31A). The AAL1 chip used requires physical information in the lower 8 bits, instead of the standard ATM VCI. Advantageously, the VCI lookup table 3010 is loaded with software based upon the specific user configuration. Thus, the VCI is translated to a form allowing more flexibility in channel identification to the subscriber. Advantageously, the lower VCI translation is performed at the same time the lookup step is done, instead of having to do two separate lookups. If the AAL1 cell is accepted, then the lower 8 bit VCI which is stored in the second 8 bit portion 3020 of the VCI

15 20 lookup table 3010 becomes the new lower VCI. The new lower 8 bit VCI is latched onto the ATM cell before the cell is routed to the AAL1 SAR 3013 (Step 3118 of FIG. 31A). Advantageously, this requires only one lookup and saves processing time since it happens at the same time as the VCI lookup. This process is done for every cell that is accepted. If the cell is AALS, then the lower 8 bit VCI 3020 is discarded.

25 It is important to show that the VCI table lookup combines several lookups into one VCI lookup table 3010. A prior art VCI lookup performs one accept/discard lookup, one AAL1/AAL5 lookup, and one lower VCI translation lookup. This embodiment combines all three lookups into the VCI lookup table 3010. A combination of any two lookups is a departure from prior art ATM address filtering techniques. Again, this saves processing time and ATM cells can be routed

30 with minimal delay.

Note that some embodiments (not shown), the ATM based SSI modules may be designed to support only AAL1 or AALS and not both. Thus, FIG. 30 would need to be modified to remove one of the AAL1 SAR 3013 or the AALS SAR 3014. The AAL1/AAL5 bit is not needed in this embodiment.

35 The ATM address filtering process is done differently for an ATM-OC3c SSI module 2200 of FIG. 22 used at the remote terminal than for the other ATM-based SSI modules at the remote terminal, and is reflected in the flowchart of FIG. 31B. Here, the ATM address filtering

function is different because the throughput on the ATM-OC3c SSI module 2200 is much higher than the throughput of other types of SSI modules located at the remote terminal. The OC3c line sends data at 155.52 Mbps (mega bits per second) which is equivalent to about three DS3 lines. The flowchart in FIG. 31B also applies to the DS3 option to the ATM OC3c SSI module.

5 In FIG. 31B, the first three steps are the same as the first three steps of FIG. 31A. Thus, the cells are received from the multi-transport mode cell bus (Step 3150 of FIG. 31B), a VPI comparison is done (Steps 3152 and 3154 of FIG. 31B) between the extracted VPI 3024 and the VPI stored in the register 3026 just as in Steps 3102 and 3104 of FIG. 31A. If the VPI matches (Step 3154 of FIG. 31B), a VCI lookup is performed (Step 3156 of FIG. 31B) using the VCI lookup table 3010 as described above. Thus, if the VCI accept/discard bit equals "1" (Step 3158 of FIG. 31B), the ATM cell is accepted. If the VCI accept/discard bit equals "0" (Step 3158 of FIG. 31B), then the cell is accepted (Step 3162 of FIG. 31B). It is important to note that no TDM cells will go through the path indicated by Steps 3156 and 3158, since the VPI did not match in Step 3154.

10 15 If the VPI does not match (Step 3154 of FIG. 31B), the cell is not discarded, but a VPI lookup is done (Step 3164 of FIG. 31B) in the VPI lookup table 3007 of the ATM formatter 3004. The VPI lookup table 3007 is 8 bit table having a depth of 2^8 entries. The extracted VPI is used as an index into the VPI lookup table 3007. If the VPI accept/discard bit 3009 equals "1" (Step 3166 of FIG. 31B), then the cell is accepted (Step 3162 of FIG. 31B). If the accept/discard bit equals "0" (Step 3166 of FIG. 31B), the cell is discarded (Step 3160 of FIG. 31B). The VPI accept/discard bit 3009 has been assigned for the specific VPIs of the ATM cells that the particular ATM OC3c SSI module is configured to accept. Thus, the TDM cells are discarded from the ATM cells at the VPI lookup since the VPI assigned to the TDM cell is unique to TDM cells and its corresponding index into the VPI lookup table 3007 will always have an accept/discard bit 3009 that indicates to discard the cell. Thus, all TDM cells are discarded at the VPI lookup table 3007.

20 25 Furthermore, this provides a "VCI transparent" service if the extracted VPI does not match the preassigned VPI that is specific to the particular SSI module. Thus, ATM cells are passed through the SSI module without performing a VCI lookup. Thus, all the ATM cells having preconfigured VPIs are forwarded through the ATM-OC3c SSI module to the subscribers.

30 35 In the embodiment shown in FIGS. 30 and 31B, the ATM-based SSI module (e.g. ATM OC3c SSI module), advantageously performs a VPI comparison, and then either a VPI lookup or a VCI lookup on each cell that enters the ATM-based SSI module. Advantageously, the ATM-based SSI module does not perform both a VPI lookup and VCI lookup on each cell. And thus, advantageously, the processing time, which is a concern due to the throughput of the ATM OC3c SSI module, is reduced using this embodiment.

35 Additionally, the ATM-based SSI modules are described as receiving traffic from a mixed transport mode interface, such as the multi-transport mode cell bus. However, the present invention is not limited to this description. The ATM-based SSI modules could be receiving only

ATM cells, and not mixed cells, and the same ATM address filtering techniques are performed in order to correctly filter and route the ATM cells to the desired locations.

The address filtering techniques are performed at the SSI modules of the multi-transport mode, multi-modulation point to multipoint system. The components described are common
5 and understood by those skilled in the art.

Extension Indoor Unit and Fiber Extender Modules

Referring next to FIG. 32, a block diagram is shown of 4 extension indoor units coupled to the each of the service specific interface ports of the indoor unit of the remote terminal as
10 shown in the embodiment of

FIG. 2. The diagram 3200 includes: an outdoor unit 3202 (transceiver unit or ODU) of the remote terminal coupled to an indoor unit 3204 (channel processing unit or IDU) of the remote terminal, fiber links 3206, each coupling 4 extension indoor units 3208 (EIDU) to the indoor unit 3204. Each extension indoor unit 3208 has four SSI modules (cards) 3210.

15 In order to allow for more subscriber interfaces and to allow the subscribers to interface with the point to multipoint system up to 2250 feet from the indoor unit 3204, the extension indoor unit 3208 (EIDU) couples to one of the SSI ports of the indoor unit 3204 via a fiber link 3206. The EIDU 3208 allows up to 4 other SSI modules 3210 to interface with the point to multipoint system. The number of extension indoor units 3208 and individual SSI ports may vary depending on
20 implementation. Thus, a maximum configuration allows up to 16 SSI modules 3210 to be plugged into a single indoor unit 3204 at a remote terminal.

This is a departure from a prior art extension indoor unit and expansion interface. A prior art system uses a bus repeater, such as a ribbon cable, which is a high density copper cable to repeat (or extend) the bus that is carrying signals. However, the bus repeater is only able to extend the
25 bus a few feet, unlike the multimode fiber link 3206 that can extend the multi-transport mode cell bus up to 2250 feet. This is particularly advantageous, since the subscriber may interface with the indoor unit of the remote terminal up to 2250 feet away from the actual indoor unit. Thus, a subscriber could interface with the point to multipoint system at many different locations within the subscriber's premises (typically a large building) with an indoor unit 3204 located elsewhere within the
30 subscriber's premises. With a prior art system, a subscriber must interface within a few feet of the actual indoor unit of the remote terminal.

The EIDU 3208 is connected to the indoor unit 3204 of the remote terminal with a fiber extender module, called the "master" fiber extender module, (see FIG. 33) that is attached to the SSI port of the indoor unit 3204 and connected to a multi-mode fiber link 3206. The multi-mode fiber
35 link 3206 is a fiber optic cable that acts as an extension of the multi-transport mode cell bus. The multi-mode fiber link 3206 is a 200 MHz link and connects to the extension indoor unit 3208 with another fiber extender module, called the "slave" fiber extender module, (see FIG. 33) inserted into

the extension indoor unit 3208. The "master" and "slave" fiber extender modules are the same module, but are located at the indoor unit of the remote terminal and the extension indoor unit, respectively. The fiber link 3206 is a multimode fiber known in the art. It has a maximum length of 2250 feet and transmits with a bit error rate of 10^{-12} or less. Alternatively, the distance can be

- 5 extended further if single mode fiber is used instead of multimode fiber for the fiber links 3206. Note that "multimode" used referring to the cable does not refer to multi-modulation and multi-transport capabilities as suggested earlier. The multimode cable is simply a commonly understood type of cable.

The "master" fiber extender module formats the signals on the multi-transport mode
 10 cell bus for the fiber link 3206 and retransmits the signals, including the timing (which was derived from the hub terminal over the air interface), over the fiber link 3206. The "slave" fiber extender module then converts the signals from the fiber link 3206 back to the format of the multi-transport mode cell bus and transmits the signals onto another multi-transport mode cell bus of the EIDU 3208. The timing of the signals is advanced or retarded such that it will match the timing of the original
 15 signals at the indoor unit 3204. Thus, the SSI modules 3210 at the EIDUs 3208 appear to be coupled directly to the indoor unit 3204 itself.

The actual extension indoor unit 3208 only contains a fiber extender module, a backplane bus which includes the multi-transport mode cell bus, and four SSI ports for SSI modules 3210. It simply acts as an extension of the multi-transport mode cell bus, so that additional subscriber
 20 interfaces can be made. Furthermore, this is a departure from prior art extension units, since the prior art extension links (ribbon cable) and prior art extension units only support one type of traffic (ATM or TDM), whereas the present embodiment supports both traffic types (ATM and TDM).

Referring next to FIG. 33, a block diagram is shown for a fiber extender module that is to be plugged into one of the SSI ports at the indoor unit of the remote terminal or the extension
 25 indoor unit of FIG. 32. The fiber extender module 3300 block diagram includes: a multi-transport mode cell bus 3302, fiber extender module (FEM) formatter 3308, message buffer 3310, CPU 3312, data buffer 3314, parallel-to-serial converter 3316, serial-to-parallel converter 3318, divider 3320, fiber optic transmitter 3322, fiber optic receiver 3324, and the fiber link 3326.

The multi-transport mode cell bus 3302 includes a timing bus and comprises a
 30 backplane interface. The multi-transport mode cell bus 3302 is coupled to the FEM formatter 3308. The FEM formatter 3308 is coupled to the message buffer 3310 and the CPU 3312. The CPU 3312 is also coupled to the message buffer 3310. The FEM formatter 3308 is also coupled to the parallel-to-serial converter 3316, serial-to-parallel converter 3318, data buffer 3314, and divider 3320. The parallel-to-serial converter 3316 is coupled to the fiber optic transmitter 3322 which connects to the
 35 fiber link 3326. The fiber link 3326 also connects to the fiber optic receiver 3324 which couples to the serial-to-parallel converter 3318 which couples also to the data buffer, 3314 and the divider 3320.

In practice, the fiber extender module 3300 (FEM) at the indoor unit of the remote terminal, (hereinafter called the IDU FEM or "master" FEM), provides an interface to the fiber link 3326 that connects to the EIDU. It also buffers the incoming cells from the multi-transport cell bus 3302, buffers the data coming from the extension indoor unit (EIDU), and communicates with the

- 5 CCM of the indoor unit of the remote terminal via the IM-Com overhead messages embedded in the bus frame format of the multi-transport mode cell bus 3302. The IDU FEM 3300 uses the first IM-Com slot shown in FIG. 15 for synchronization with the FEM 3300 at the EIDU and for identification of the EIDU.

The cells arrive at the IDU FEM 3300 from the multi-transport cell bus 3302 to the
10 FEM formatter 3308. The FEM formatter 3308, which is custom designed logic, also recovers the timing from the multi-transport mode bus 3302. The FEM formatter 3308 inserts a unique word (which is used for synchronization with the FEM at the EIDU), frame and superframe identification code, and an EIDU identification byte in the first IM-Com timeslot. The IM-Com messages are sent to the message buffer (which is a dual port RAM) for the CPU 3312 to process. The CPU 3312, a
15 RISC microcontroller, reads the messages out of the message buffer 3314 for configuration, alarms, etc. Finally, the FEM formatter 3308 retransmits the frame received from the multi-transport mode cell bus 3302 to a parallel-to-serial converter 3316. The parallel-to-serial converter 3316 is a high speed converter that transmits the data frame to the fiber optic transmitter 3322 at 200 MHz. The fiber optic transmitter 3322 transmits the signal through the fiber link 3326 to the EIDU FEM (fiber
20 extender module at the extension indoor unit or "slave" FEM).

In the opposite direction, the fiber optic receiver 3324 receives the data flow back from EIDU via the fiber link 3326. The data is sent to the serial-to-parallel converter 3318 where the data flow is converted back to parallel format and then sent to the data buffer 3314, which is a dual port RAM. The data flow is slightly complex due to timing and buffering requirements. Thus, the
25 FEM formatter 3308 recovers the unique word that the EIDU FEM assigned so that the FEM formatter 3308 knows where the beginning of the frame is. The design ensures that the unique word arrives at the FEM formatter 3308 before the cell bus TX frame synch signal (CB_TX_FS of FIG. 18, which describes the cell bus 3302). Thus, the data is written into the data buffer 3314 before it is read by the FEM formatter 3308. The FEM formatter 3308 then reads the data at the start of the frame
30 from the data buffer 3314 and copies it onto the multi-transport mode cell bus 3302. Thus, the timing of the cell bus frame is advanced or retarded in order to compensate for the offset in the fiber link.
The FEM formatter 3308 also recovers the timing from the EIDU.

The fiber extender module at the extension indoor unit 3300 (EIDU FEM), and sometimes referred to as the "slave" FEM, uses the same block diagram as shown in FIG. 33. As the
35 frame containing the IM-Com messages and data is sent from the fiber optic transmitter of the IDU FEM and travels through the multimode fiber link, the signal enters the EIDU FEM 3300 at its corresponding fiber optic receiver 3324. The flow is the same as described above with the IDU FEM.

Note again that the unique code word that was assigned to the frame is received into the FEM formatter 3308 so that it will know when the beginning of the frame is. Otherwise, timing problems occur since the FEM formatter will assume the frame starts when it receives the data, not when the frame actually starts. This unique code word alleviates the timing problem between the indoor unit and the EIDU. Furthermore, the CPU 3312 of the EIDU FEM 3300 communicates with the CCM of the indoor unit of the remote terminal using the IM-Com overhead messages and provides signals for the processors located in the SSI modules attached. Thus, the data on the bus frame format is retransmitted on the multi-transport mode cell bus 3302 at the EIDU and the extension SSI modules can interface with the point to multipoint system.

- 5 10 Also, note that the fiber extender modules do not actually distinguish between the types of traffic it is retransmitting or supporting. It is the SSI modules at the extension indoor unit that distinguish the mixed traffic and the fiber extender modules and multi-mode fiber link simply provides an extension of the multi-transport mode cell bus. Thus, the fiber extender modules and the multi-mode fiber links support signals using multiple transport types (e.g., TDM and ATM).
- 15 However, it is a departure from the prior art to transmit multiple transport mode signals through an extension bus (fiber link) to an extension indoor unit.

The data flow from the SSI modules at the EIDU FEM 3300 is the reverse of the data flow to from the remote indoor unit to the extension indoor unit. The cells are received from the multi-transport mode cell bus 3302 at the FEM formatter 3308 which copies the IM-Com messages of the EIDU FEM from the message buffer 3310, inserts a unique word in front of the data frame so that the IDU FEM will know where the beginning of the frame is, and copies the cells to the parallel-to-serial converter 3316 for transmission through the fiber optic link 3326 to the IDU FEM. The IDU FEM formatter 3308 in turn copies the data frame to the multi-transport mode cell bus 3302 to be sent to the CCM of the indoor unit. Thus, the IDU FEM 3300, EIDU FEM 3300, and the fiber link 3326 act as a multi-transport mode cell bus extension. Note that all of the various signals are not described in detail since their operation is understood to those skilled in the art. Note that not all of the functional blocks and signals have been detailed. The skilled artist understands these functions and could easily implement them; thus, no further explanation is needed.

Referring next to FIG. 34, a timing diagram 3400 is shown for the delays involved in the data transfer from indoor unit (IDU) of the remote terminal to the extension indoor unit (EIDU) shown in FIG. 32 using the fiber extender modules of FIG. 33. The significant delays are the propagation delay 3402, the guard time 3404, the transmit to receive offset 3406, and the frame sync offset 3408. Shown also are the various signals: cell bus receive superframe synch 3410 (CB_RX_SFS (at IDU FEM)) at the remote fiber extender module, the cell bus receive superframe synch 3412 (CB_RX_SFS(at EIDU FEM)) at the extension fiber extender module, the cell bus transmit superframe synch 3414 (CB_TX_SFS(at IDU FEM)) at the extension fiber extender module, and the cell bus transmit superframe synch 3416 (CB_TX_SFS(at EIDU FEM)).

The timing is very important in the design of the fiber extender modules of FIG. 33. The timing diagram 3400 illustrates the delays for transferring data from the indoor unit of the remote terminal to the extension indoor unit. The propagation delay 3402 is the delay from the IDU FEM to the EIDU FEM, and vice versa. This accounts for the delay in the parallel-to-serial converter, and 5 fiber optical transmitter and receiver of the fiber extender module (FEM) as shown in FIG. 33. A guard time 3404 of typically a few microseconds is inserted by the EIDU FEM to ensure that the data arrives at the IDU FEM earlier than it is read. Then, the IDU FEM resynchronizes the data arriving from the EIDU to the timing of the indoor unit. The transmit to receive offset 3406 and the frame synch offset 3408 are well known in the art, and thus, no further explanation is needed.

10

Demand assigned multiple access

Demand assigned multiple access (DAMA) is a method in which bandwidth is assigned as the demand for bandwidth changes within the system. Thus, DAMA provides efficient use of the available frequency spectrum. The point to multipoint system uses unique DAMA 15 techniques to allocate bandwidth within the multi-modulation, multi-transport environment.

Referring next back to FIGS. 26 and 27, which show a block diagram and corresponding flowchart, respectively, illustrating an ATM address filtering technique performed by an ATM switch that has been configured for a multi-modulation environment. Additionally, FIGS. 26 and 27 also illustrate how bandwidth is assigned for ATM data traffic in the downlink direction 20 (hub to remote) illustrating a DAMA technique.

Voice traffic is assigned conventionally. The point to multipoint system detects an active call (offhook) and automatically assigns bandwidth. The remote terminal requests bandwidth from the hub terminal using the assigned maintenance slot of overhead section of the air interface frame format as described in FIGS. 4 and 6. The hub terminal uses either TR-008 or GR-303 25 signaling to connect the call to the switch. At the end of the call, the bandwidth is deallocated. If the switch initiates the call, then the hub terminal assigns bandwidth and notifies the remote terminal.

Data bandwidth is dynamically assigned in both directions (downlink and uplink). In the uplink, the remote terminals monitor their own buffer depths within the individual SSI modules described above. If the buffer depth exceeds a threshold for greater than the configured amount of 30 time, then the remote terminal requests more bandwidth from the hub terminal. The hub terminal evaluates all requests and, depending on specified priorities, assigns bandwidth at differing levels to all remote terminals.

Advantageously, in one embodiment, the bandwidth for ATM data traffic in the downlink is assigned in a unique way as illustrated by FIG. 26 shown above. As earlier described, the 35 ATM switch at the ATM-OC3c SSI module of the hub terminal is able to dynamically manage the flow of ATM traffic from the OC3c line to the point to multipoint system. The ATM switch is configured for DAMA purposes in the downlink direction (from hub to remote).

The Phys of the ATM switch have been configured to be a modulation buffers 2612. There is a different modulation buffer 2612 for each modulation type; such as QPSK for the first modulation buffer 2612, 16-QAM for the second modulation buffer 2612, and 64-QAM for the third modulation buffer 2612. The ALBM 2606 dynamically manages the ATM cells based on priorities 5 using well known quality of service protocols as discussed in FIG. 26 (Step 2702 of FIG. 27). In this regard, ATM cells having a higher priority will be sent out with less delay than lower priority ATM cells. Additionally, the delay is determined depending on the virtual path identifier (VPI) and virtual channel identifier (VCI). Thus, advantageously, each VPI and VCI is also associated with a modulation type. Advantageously, each Phy address is associated with a modulation type.

This scheme produces three separate streams of ATM cells, one for each modulation type within the same communications link. Each modulation stream includes groups of timeslots where each group of timeslots is modulated differently. Each modulation type requires more or less bandwidth, depending on the number of remote terminals of each modulation type and their services; thus, by creating differently modulated streams of ATM data cells, the bandwidth for the ATM data 10 cells is dynamically assigned within a modulation stream. The ATM formatter 2610 accesses the timeplan/modulation lookup table 2616 and determines which modulation buffers are active (Step 2704 of FIG. 27) then sends a handshake signal to the ALBM 2606 (Step 2706 of FIG. 27). The ALBM 2606 reads the handshake signal and transmits the ATM cell to the appropriate modulation buffer 2612 (Step 2708 of FIG. 27). Once the ATM cells are in the respective modulation buffer 15 2612, the ATM formatter 2616 accesses the timeplan for each timeslot of the multi-transport mode cell bus frame format and the corresponding air interface frame format and transmits the ATM cells onto the multi-transport mode cell bus (Step 2710 of FIG. 27). Thus, three differently modulated streams of ATM cells are produced. This technique uses the ATM chipset in such a way to replace a much more complex method of creating messaging from the hub terminal to the remote terminal or 20 adding "tags" as known in the art to the ATM cells in order to dynamically assign bandwidth to ATM data traffic in the downlink.

Referring next to FIG. 35, a diagram is shown illustrating a demand assigned multiple access (DAMA) technique such that the bandwidth is dynamically changed based upon channel conditions. Corresponding steps from FIG. 36, which illustrates the steps performed in the 25 DAMA technique based upon channel conditions as shown in FIG. 35, will be referred to while referring to FIG. 35. Shown are a hub terminal 3502 transmitting during clear channel conditions 3501 and poor channel conditions 3503. During clear channel conditions 3501, all of the remote terminals are in region 1 3504. During poor channel conditions 3503, the remote terminals are in region 1 3504 through region n 3508. Also shown is the sector 3506 that the hub terminal 3502 supports.

In practice, this DAMA technique is dynamically assigns bandwidth based upon channel conditions. For example, in normal operation of the point to multipoint system, remote

terminals in region 1 3504 require a lower energy per bit to be within an acceptable bit error rate (e.g. 10^{-6}) and; thus, a higher order modulation (more bits/second/Hz) can be used, such as 64-QAM. Remote terminals in the farthest region, region n 3508 (region 3 in this embodiment using QPSK modulation), require a higher energy per bit and thus a lower order modulation (fewer bits/second/Hz) is used, such as QPSK. The specific implementation and benefits of such a configuration is described throughout the specification.

Thus, the hub terminal 3502 first selects the remote terminal that it will transmit traffic bursts to (Step 3604 of FIG. 36). Next, the channel conditions are monitored and a determination is made whether or not the channel conditions are poor, such as during a rain fade. Rain fade is the primary impairment to microwave radio links. The channel conditions may be measured as function of the received signal strength indication (RSSI) or the bit error rate (BER) of the signals received over the communications link. For example, when the RSSI drops below a threshold specific to each different modulation mode supported by the hub terminal 3502 or the BER exceeds a threshold, the channel conditions will be considered poor. For example, the threshold BER may be 10^{-6} . The hub terminal 3502 receives a maintenance burst from the respective remote terminal which contains the signal quality indicator (SQI) (Step 3606 of FIG. 36) that contains the RSSI, for example.

The hub terminal 3502 then selects the highest order modulation supportable for the respective remote terminal based upon the channel conditions (Step 3608 of FIG. 36). During poor channel conditions 3503, such as during a rain fade, the traffic is modulated and transmitted over the air interface using the configured different modulations per region, i.e. regions 1 3504 through region n 3508.

However, during clear channel conditions 3501, all of the remote terminals will be considered to be in the region 1 3504. Therefore, traffic can be transmitted using the highest order modulation (Step 3608 of FIG. 36) which requires the least number of bits/second/Hz and uses the least bandwidth to transmit, i.e. 64-QAM in this embodiment. Note that the channel conditions will be clear during a high percentage of the time allowing for the bandwidth to be dynamically assigned to a higher order modulation for a majority of the time; thus, saving bandwidth. Thus the bandwidth is dynamically managed during periods of clear channel conditions, and only switched back to the configured bandwidth allocations during poor channel conditions.

The hub terminal 3502 then checks to see if there are any more remote terminals to communicate with (step 3610 of FIG. 36). If so, then steps 3604 through steps 3610 are repeated. If not, then the hub terminal 3502 is done (Step 3612 of FIG. 36).

Although the bandwidth is dynamically managed based upon channel conditions, this DAMA technique is ideally used for low quality traffic services, such as Internet browsing data, which is at an unspecified bit rate (UBR), although the technique can be done to other higher quality traffic services, such as voice. In this case, for voice and other high quality services, the remote

terminals are always located within their respective regions, i.e. region 1 3504 through region n 3508.

Thus, an initial step is included to determine whether or not the traffic being transmitted is a low quality service at an unspecified bit rate (UBR). If the services are high quality services, e.g. at a specified bit rate, then the traffic is modulated as normal using different modulations for remote

- 5 terminals located within different regions, i.e. regions 1 2704 through region n 2708. Thus, the bandwidth for high quality services is not changed based on channel conditions. And if the traffic being transmitted is a low quality service, then the steps in FIG. 36 are performed to dynamically assign bandwidth.

Also note that FIG. 27 illustrates how different regions 2704 and 2708 are located

- 10 with a sector 2706. The sector represents the sector ("pic slice") described above. Also note that FIG. 5 describes another DAMA technique in which the remote terminals receive signals independently of a time plan.

1:N Redundancy

- 15 Referring next to FIG. 37, a block diagram is shown for a 1:N redundancy system 3700. Shown are hub terminal A 3702, hub terminal B 3704, backup hub terminal 3706, remote terminals 3710 (l_A-n_A), remote terminals 3712 (l_B-n_B), subchannel A 3714, subchannel B 3716, DS3A line 3718, DS3B line 3720, backup DS3 line 3722, multiplexer 3724, and a backhaul line 3726.

- 20 Hub terminal A 3702 communicates with the remote terminals 3710 via subchannel A 3714, hub terminal B 3704 communicates with the remote terminals 3712 via subchannel B 3716, and a backup hub terminal 3706 communicates with the remote terminals 3716 via subchannel B 3716 when hub terminal B 3704 fails. Hub terminal A 3702, hub terminal B 3704, and the backup hub terminal 3706 are coupled to the multiplexer 3724 via a DS3A line 3718, DS3B line 3720, and a 25 backup DS3 line 3726, respectively. The multiplexer 3724 has a backhaul line for connection to the transport network (not shown).

- In practice, the 1:N redundancy system 3700 is designed to replace a 1:1 redundancy system used at the hub site of the point to multipoint system as described above (see Fig. 13). Such a system may or may not use hub and remote terminals with multi-transport mode and/or multi-30 modulation capabilities and is, thus, described generically. In a 1:1 system, each communications terminal, or hub terminal, has a backup hub terminal that replaces that particular hub terminal in the event of a failure. Thus, for a system having 10 hub terminals, 10 backup hub terminals are needed, adding to the cost of the system. A 1:1 redundancy system is described with reference to FIG. 13.

- In a point to multipoint system, due to splitting of multiple channels and location of 35 remote terminals, several hub terminals may broadcast to remote terminals within the same antenna sector. The 1:N redundancy system is designed to work where multiple hub terminals are operating within the same sector and have the same antenna coverage. Thus, hub terminal A 3702, hub

terminal B 3704, and the backup hub terminal 3706 all are within the same sector and their respective antennas are pointed in the same direction. Hub terminal A 3702 may be using subchannel A 3714 of "50 MHz channel A" while hub terminal B 3704 may be using subchannel B 3716 of "50 MHz channel B". The backup hub terminal 3706 can backup either hub terminal A 3702 or hub terminal B 3704. And therefore, fewer hub terminals are needed at the hub site, reducing the overall cost of the point to multipoint system. The backup hub terminal 3706 must also have the same SSI module configuration or backhaul connections as hub terminal A 3702 and hub terminal B 3702.

In a typical scenario, both hub terminal A 3702 and hub terminal B 3704 are operating as normal carrying user traffic back and forth between remote terminals 3710 and remote terminals 3712, while the backup hub terminal 3706 is in backup mode. If hub terminal B 3704 experiences a failure, such as the outdoor unit failure, the failure is detected as described below in FIG. 38 and the element management system (EMS) is notified. A red alarm is generated on the DS3B line 3720. The backup hub terminal 3706 switches in for hub terminal B 3704 and starts transmitting on subchannel B 3716 to remote terminals 3712. The multiplexer 3724 detects the red alarm and executes a switchover for all connections from the DS3B line 3720 to backup DS3 line 3722 based on preconfiguration of the backup DS3 line 3722 as a backup to DS3B line. The EMS then notifies the network operations center via a simple network management protocol (SNMP) message. The remote terminals 3712 perceive a short interruption in subchannel B's 3716 transmission and resynchronize. The subscribers at the remote terminals 3712 experience a temporary degradation in service. The switchover outage time is kept as a statistic. If hub terminal A 3702 has failed, the backup hub terminal 3706 replaces it in the same manner broadcasting over subchannel A 3714.

In order to ensure that the backup hub terminal 3706 will work when a failure occurs, the backup hub terminal 3706 must be regularly tested. If a backup hub terminal 3706 sits idly for an extended period of time, it is likely that the backup hub terminal 3706 will have already failed when called to perform. One testing technique known is called "load sharing" in which the hub terminal B 3704 transmits half of the load and the backup hub terminal 3706 transmits the other half of the load. If one hub terminal fails, then the other hub terminal takes over. This requires an extra frequency for the backup hub terminal 3706 or the backup hub terminal 3706 shares the same frequency as hub terminal B 3704 in the TDMA frame. If sharing the same frequency, the two terminals would have to be switched in and out at certain bits which is difficult to accomplish at the symbol rate (e.g. 10 MHz) used by the point to multipoint system. Another backup testing technique is to switch to the backup hub terminal 3706 once a day (at midnight). Disadvantageously, this causes an extra outage once per day.

In this embodiment of the present invention, the backup hub terminal 3706 simply transmits a test burst once per superframe (every 48 msec) over subchannel A 3714 then transmits a test burst once per superframe over subchannel B 3716. The test burst is transmitted during the first timeslot (timeslot m-2) of the last three timeslots (timeslots m-2 through m) of the overhead section of

the last frame of the superframe that form the acquisition slot 806, as shown in FIG. 8. Since the test burst is sent during the first burst, if the timing is slightly off, the test burst will not collide with the other bursts sent by the hub terminal B 3704 or hub terminal A 3702. Furthermore, the on-line hub terminals (hub terminal A 3702 and hub terminal B 3704) are not transmitting during these three timeslots. The test burst is sent in QPSK modulation such that all remote terminals 3710 and 3712 can receive it (even if in the farthest region). Each remote terminal receives the test burst and records whether or not the test burst was received and if so, its signal strength and how far off the timing was from the first burst location. These statistics are reported back to the on-line hub terminals. The values reported back are stored and compared over time to see if the backup hub terminal 3706 has failed. If nothing is received or if the power levels drop significantly, the backup hub terminal has failed. These values are also received at the backup hub terminal 3706 and used as in FIG. 38.

Referring next to FIG. 38, a flowchart is shown for the steps undertaken in order for a backup hub terminal shown in FIG. 37 to detect an on-line hub terminal failure and to test a backup hub terminal. The following steps are performed. The first step is to initialize the backup hub terminal by acquiring redundancy information and the receive and transmit timing (block 3802). Next, the backup hub terminal tunes to the frequency of the subchannel (block 3804) and transmits to the remote terminals of the subchannel (block 3806). Next, the remote terminals report the power level for both the backup hub terminal and the on-line hub terminals (block 3808) and transmit the information in their respective maintenance timeslots (block 3810) to the backup hub terminal. The backup hub terminal receives the information (block 3812) and, finally, does failure detection (block 3814).

An initial step to be performed is to initialize the backup hub terminal (block 3802) such that it can provide a 1:N redundancy to the on-line hub terminals (hub terminal A 3702 and hub terminal B 3704 of FIG. 37). This requires collecting the redundancy information and determining the receive and transmit timing acquisition. Specifically, the backup hub terminal is initialized by communicating with the element management system (EMS) described in FIG. 2 to obtain the redundancy information, such as LAN addresses, frequencies, overhead channel allocations, and power settings for the other hub terminals in the redundancy group.

Next, as part of the initialization (block 3802) the backup hub terminal goes into receive timing acquisition mode. The purpose of this mode is to determine the superframe timing of the uplink to which it is tuned. The backup hub terminal listens to the signals being transmitted from the remote terminals to the hub terminals to synchronize the backup hub terminals timing and frame format with that of the rest of the point to multipoint system. The backup hub terminal waits until its local oscillator has locked to the selected input source, then selects one of the subchannels in the redundancy group and tunes to the uplink (remote to hub). Then, the backup hub terminal sets its antenna to open aperture and looks for the QPSK superframe sync word (which is sent once per superframe by the remote terminals). The superframe sync word is detected and verified. Next, the

contents of the burst are demodulated and the timeslot number for the particular remote terminal is determined from the format information in the header. The backup hub terminal then computes a frame and timeslot offset to the first burst of the superframe and moves its superframe timing to the same location as received. If, however, the backup hub terminal has not detected and verified the 5 superframe sync word within a specified amount of time, e.g. 8 superframes, the backup hub terminal will declare itself in failure mode.

Still initializing, the backup hub terminal then enters transmit timing acquisition mode to determine the appropriate transmit to receive offset. The backup hub terminal starts with a value of 3.0 msec (based upon a 6 msec air interface frame format) for the transmit to receive offset 10 and transmits an overhead burst in timeslot m-2 of the overhead section of the last frame of the superframe (see FIG. 8). The remote terminals are programmed to look for the burst in an aperture of last three timeslots (i.e. timeslots m-2, m-1, and m) of the last air frame overhead section. If the burst is not detected, the remote terminals do nothing. If the burst is detected, the remote terminals maintain separate timing offset and power parameters and send a message containing the information 15 back to the backup hub terminal (and hub terminal). The backup hub terminal uses this information to adjust its timing and power accordingly. If the return burst is not detected within the specified period of time, e.g. 8 superframes, the backup hub terminal declares itself in failure mode. Note that the timing adjustment is particular to a hub terminal on the current subchannel; thus, the backup hub terminal must repeat the receive and transmit timing acquisition for each hub terminal of the 20 redundancy group.

As a final part of initialization, the backup hub terminal enters tracking mode in order to test the timing and detect a failure. The backup hub terminal sequentially tunes to each of the subchannels and recalls the stored transmit and receive offsets, and verifies the correct superframe timing has been achieved by reading the message headers from the remote terminals (block 3804). If 25 the superframe timing is not accurate, the backup hub terminal must start over at block 3802.

The backup hub terminal then transmits a test burst to the remote terminals (block 3806) in the first timeslot of the last three timeslots (timeslots m-2, m-1, and m) of the last frame of the superframe's overhead section that make up the acquisition slot 806 (see also FIGS. 8 and 37) as discussed above. The test burst is the same test burst sent and described above in FIG. 37. Thus, the 30 same test burst is used to test the backup hub terminal and to detect an on-line hub terminal failure. The on-line hub terminals are not transmitting during these three bursts. The remote terminals in the sector know to look for the burst and measure its signal strength (block 3808) and timing. The timing and power offset information is gathered. The remote terminal then sends the power measurements, e.g. measured RSSI, back to the backup hub terminal and the hub terminal in its maintenance slot of 35 the overhead section (block 3810). The backup hub terminal listens to the maintenance slot and receives the information recorded at the remote terminal (block 3812). Note that the backup hub

terminal knows which timeslot to listen to from the process in block 3802. If testing the backup hub terminal, the on-line hub terminals receive the information (block 3812).

- The backup terminal then does the failure detection (block 3814). To detect a failure, the backup hub terminal compares to the power level received for itself and the other on-line hub terminals from the remote terminals in the subchannel to the power level of the hub terminals on that subchannel in the redundancy group. If the power level of itself (the backup hub terminal) is more than a specified amount greater (typically 2 to 3 dBs) than the power level of one of the other hub terminals, the backup terminal determines that the other hub terminal has failed and switches in for the failed hub terminal. The backup hub terminal can immediately switch in since it contains all of the transmit and receive information as well as the burst time plan for all of the on-line hub terminals of the redundancy group. Only a short interruption of service is noticed by the remote terminals.

- The comparison between the power levels of the backup hub terminal and the other hub terminals is needed to detect a power amplifier failure since the radio frequency channel is subject to fading which may resemble a power amplifier failure. Thus, the power levels are compared, since, in a fade, the power level of both the main hub terminals and the backup hub terminals will be reduced.

- This failure detection process also must account for the behavior of the remote terminals during rain fades or hub terminal amplifier failures. If an on-line hub terminal suffers from a power reduction, the automatic gain control (AGC) of the remote terminal will compensate. Similarly, the AGC will compensate for power loss during rain fades. Thus, the information sent back to the backup hub terminal includes this information in the power measurement, RSSI, for both the on-line hub terminals and the backup hub terminals. Step 3814 monitors the strength of the test burst from the backup hub terminal when testing the backup hub terminal as described in FIG. 37.

- Thus, the 1:N redundancy system provides a backup hub terminal that can provide backup to more than one hub terminal at the hub site. This is a departure from prior art point-to-multipoint systems that having one backup hub terminal for each on-line hub terminal (1:1 redundancy). Therefore, the 1:N redundancy system reduces the number of hub terminals at the hub site over traditional point-to-multipoint communications systems. Additionally, the 1:N redundancy system provides a unique method of testing the backup hub terminal without the drawbacks of "load sharing" or forcing outages periodically as discussed in FIG. 37. The method of FIG. 38 advantageously uses the unique air interface frame format to provide a failure detection method which tests the strength of the on-line hub terminals and the backup hub terminal once every superframe.

TDM Buffering

TDM buffering is done in the TDM cell formatters of the individual TDM-based service specific interface modules in order to uniquely pack TDM data (*both* pulse code modulated data and channel associated signaling) into the TDM cells in such a way to minimize delay depending upon the assignment of the TDM cells to the multi-transport mode cellbus timeslots.

Referring back to FIG. 29, the block diagram is shown for a TDM cell formatted by the TDM cell formatter (or signal formatter) of the SSI modules. The traffic section 2904 (data section) contains the TDM data or pulse code modulated (PCM) data. The header section 2902 of the TDM cell 2900 contains the ATM header or virtual path identifier 2906. This is a departure from a conventional TDM cell that contains no header information, since the TDM cell is switched according to which timeslot it is in. Furthermore, the header section of the TDM cell includes an ATM specific header.

Furthermore, the TDM buffering techniques use the header section containing other headers 2908 for signaling bits, such as channel associated signaling (CAS) bits. Conventionally, signaling (also referred to as signaling bits) is carried in separate TDM cells and switched by timeslot. Thus, the TDM cell 2900 of this embodiment, advantageously uses the other header section 2908 to carry the signaling within the same TDM cell 2900 as the PCM data (also referred to as PCM samples).

In practice, the SSI modules are designed to interface with T1 lines (DS1) or E1 lines known in the art. Since different T1 and E1 lines use different framing modes, such as extended superframe (ESF), the channel associated signaling (CAS) information may be 2 bits or 4 bits and may be updated every 1.5, 2.0, or 3.0 seconds. Thus, since the T1/E1 lines operate at different framing modes and that since the point to multipoint system can switch any DS0 at the hub terminal to the any DS0 at the remote terminal, the signaling (such as CAS) is carried out of band (i.e. not in the traffic section 2904). The signaling is extracted at the entry point (by the T1/E1 framers) and then transported using the other headers 2908 of the header section 2202 shown in FIG. 29, as opposed to using a separate TDM cell to carry the signaling. Note that T1 and E1 lines (also referred to as digital signal level 1 or DS1s) are commonly known in the art of telecommunications. Additionally, DS0s (or digital signal level zero) are well known in the art of telecommunications; thus, no further explanation is required.

Referring briefly back to FIG. 25A, the multi-transport mode SSI module 2500 is shown. The multi-transport mode SSI module 2500, as well as the other SSI modules that are configured to operate in TDM, or synchronous mode, perform TDM buffering as discussed below. The multi-transport SSI module of FIG. 25A will be described as an example of the TDM buffering, so that the operation does not need to be explained in each TDM-based SSI module. Thus, FIG. 25A will be occasionally referred to in order to illustrate how the TDM buffering fits within a TDM-based SSI module.

As mentioned above, the PCM buffer controller 2516 receives the PCM data and the signaling (CAS) from the timing multiplexer 2552. The timing multiplexer 2552 receives the PCM data and signaling (CAS) from DS0s of the T1/E1 lines through the T1/E1 frames 2554. The PCM buffer controller 2516 converts the PCM data and signaling to parallel format and stores them in transmit buffer 2514. In the other direction, the PCM buffer controller 2516 pulls the PCM data and signaling from the receive buffer 2512. The receive buffer 2512 and the transmit buffer 2514 have a unique memory structure that is discussed with reference to FIG. 39 below.

Referring next to FIG. 39, a memory structure is shown for buffering pulse code modulated (PCM) data and signaling, such as channel associated signaling (CAS), for use within the TDM-based SSI modules in one embodiment of the present invention. The memory structure 3900 includes a receive data buffer 3902, transmit data buffer 3904, receive signaling buffer 3906, and transmit signaling buffer 3908. The receive data buffer 3902 and the transmit data buffer 3904 each have line data buffers 3910. Each line data buffer 3910 is used for a corresponding T1 line and contains DS0 data buffers 3912. Each DS0 data buffer 3912 contains PCM data bytes 3914 associated with a particular DS0 of each corresponding T1 line. Both the receive signaling buffer 3906 and the transmit signaling buffer 3908 contain line signaling buffers 3916. Each line signaling buffer 3916 is used for a corresponding T1 line and contains DS0 signaling buffers 3918. And each DS0 signaling buffer 3918 contains DS0 signaling bytes 3920 (CAS) associated with a particular DS0 of each corresponding T1 line. Each DS0 signaling byte 3920 contains signaling.

The memory structure 3900 is implemented as a RAM, and forms both the transmit buffer 2514 and the receive buffer 2512 of FIG. 25A in a single memory structure 3900. Advantageously, the memory structure 3900 is scalable allowing for a TDM-based SSI module to interface with a varying number of T1 lines. For example, the Quad DS1 SSI module (FIG. 20) and the multi-transport mode SSI module (FIGS. 25A and 25B) allow for four and 8 T1 lines (DS1s), respectively, while the TDM-DS3 SSI module (FIG. 16) allows for 28 T1 lines (DS1s). Thus, the receive data buffer 3902, the transmit data buffer 3904, receive signaling buffer 3906, and the transmit signaling buffer 3908 have variable lengths depending on the implementation.

Each line data buffer 3910 supports one T1/E1 line and contains 2048 PCM data bytes 3914 for the PCM data to be packed in the 48 byte data section 2904 (also referred to as the traffic section) of the TDM cell 2900 in FIG. 29. Each signaling line buffer 3916 contains 256 bytes for the signaling that is to be packed within the other headers 2908 of the TDM cell of FIG. 29. Since two line data buffers 3910 and line signaling buffers 3916 are needed for each T1 line (i.e. one for transmit and one for receive), each T1 line requires 4096 Bytes (4K) of PCM data buffering and 512 bytes of signaling buffering memory.

Each line data buffer 3910 is a 2048 (2k) byte buffer containing DS0 data buffers 3912 for however many DS0s are interfaced with the SSI module. 32 DS0 data lines are shown for the TDM-DS3 SSI module (28 T1 lines + 4 for on-line testing, or 32 E1 lines). Each DS0 data buffer

3912 contains PCM data bytes 3914 from the particular DS0s. Advantageously, the DS0 data buffer 3912 is a 64 byte circular buffer. This allows the PCM data contained within the PCM data bytes 3014 to be mapped into the 48 byte data section 2904 of the TDM cell with minimal memory requirements. As discussed above, this embodiment formats TDM data into a cell structure that is the same size as an asynchronous transfer mode (ATM) cell. Thus, the PCM data is designed to fit within a 48 byte data section 2904.

5 The line signaling buffers 3916 each contain DS0 signaling buffers 3918. Each DS0 signaling buffer 3918 contains signaling bytes 3920 (containing the CAS data) for the particular DS0s. The DS0 signaling buffers 3918 are also circular buffers, but are 8 bytes in length.

10 Furthermore, the PCM samples are stored in each DS0 data buffer 3912 (circular buffer) every 125 μ sec while the signaling is stored in 8 byte DS0 signaling buffers 3918 (circular buffers) every 1.0 msec. The 64 byte DS0 data buffers 3912 and the 8 byte DS0 signaling buffers 3918 correspond to an 8 msec time interval; however, the multi-transport bus frame format (FIG. 15) and the air interface frame format (FIG. 5) are based on a 6 msec frame in this embodiment, for
15 example.

20 During the first frame, PCM data is written to the first 48 PCM data bytes 3914 of the 64 byte DS0 data buffer 3912. Then during the second frame, PCM data is written to the last 16 PCM data bytes 3914 and then wraps around (in a circular fashion) and continues writing to the first 32 PCM data bytes 3914 of the DS0 data buffer 3912, and so on. Thus, the DS0 data buffers 3912 are continually updated with new PCM data.

25 Similarly for signaling buffering, during the first frame, the signaling bits are written to the first 6 signaling bytes 3920 of the DS0 signaling buffer 3916. During the second frame, the last 2 signaling bytes 3920 are written, then the first 4 signaling bytes of the DS0 signaling buffer 3916 are written in a circular fashion. Thus, the PCM buffering and the signaling buffering used at the memory structure 3900 are implemented as a circular read from the DS0 data buffer 3912 in the "egress" (multi-transport mode cell bus to SSI module) and a circular write to the DS0 data buffer 3912 in the "ingress" (SSI module to multi-transport mode cell bus).

30 Referring next to FIG. 40, a pulse-code-modulated mapping control structure memory is shown for use in the TDM-based service specific interface modules used in one embodiment of the present invention. The pulse-code-modulated mapping control structure memory 4000 (hereinafter referred to as the PCM mapping control structure memory 4000) contains pulse-code-modulated mapping control structures 4002 (hereinafter referred to as PCM mapping control structures 4002). Each PCM mapping control structure 4002 contains a mapping structure active 4004 (also referred to as MPA 4004), T1/E1 bit 4006, line ID 4008, cell type 4010, PCM timeslot number/offset 4012, ingress read offset 4014, and egress write offset 4016.

35 In practice, the PCM mapping control structure memory 4000 is coupled to the TDM cell formatters of the TDM-based SSI modules and manipulated by the control processor (CPU)

of the TDM-based SSI modules. The PCM mapping control structure memory 4000 controls the format of the individual TDM cells that the TDM cell formatter creates. The PCM mapping control structure memory 4000 contains the PCM mapping control structures 4002 so that the TDM cells will be formatted in such a manner that the DS0s carried will be transported with minimal delay and

- 5 without complex hardware manipulation.

The PCM mapping control structure memory 4000 contains a variable number of PCM mapping control structures 4002. The number of PCM mapping control structures 4002 depends on the number of T1/E1 lines (DS1s) that the SSI module interfaces with. Thus, the TDM-DS3 SSI module (FIG. 21) will require $32 * 32 = 1024$ PCMS mapping control structures 4002 (32 T1/E1 lines is 28 lines used for transport and 4 used for testing), while a quad DS1 SSI module (FIG. 20) will require $32 * 4 = 128$ PCM mapping control structures 4002.

Each PCM mapping control structure 4002 is 4 bytes and contains an MPA 4004. The MPA 4004 is a 1 bit field that indicates whether or not the PCM mapping control structure 4002 is active or not. A "0" bit indicates that the PCM mapping control structure 4002 is not active and the TDM cell formatter will ignore it. A "1" bit indicates that the PCM mapping control structure 4002 is active; thus, the PCM mapping control structure 4002 will be used by the TDM cell formatter when the formatting and packing the TDM data cells for transmission on the multi-transport mode cell bus.

The PCM mapping control structure 4002 also contains a T1/E1 bit 4006 which indicates to the TDM cell formatter whether the line interfaced with is a T1 line or an E1 line ("0" is T1 and "1" is E1). The line ID 4008 is 5 bits and identifies the T1/E1 line for the particular timeslot of the multi-transport mode cell bus. Since a timeslot of the multi-transport mode cell bus is tied to a given T1/E1 line, DS0s from other T1/E1 lines can not be multiplexed on to same cell bus timeslot.

The cell type 4010 indicates the specific cell type that is to be used according to the particular PCM mapping control structure 4002. Thus, the cell type 4010 defines how many DS0s will be multiplexed into the data section of the TDM cell. The cell type 4010 a three bit field. The TDM cells defined by the cell type 4010 will be placed within the data cell 1704 of the CB-data cell 1700 and placed on the multi-transport mode cell bus (see FIGS. 15 and 17). The specific cell types as discussed with reference to FIGS. 41 through 43 below.

The PCM timeslot number/offset 4012 is a five bit field that identifies either the PCM timeslot number for single DS0 mode or the first PCM timeslot number for the modes that multiplex multiple DS0s in a single TDM data cell. For E1 lines, all 0-31 (timeslots 0 to 31) values of the 5 bit field are valid, while for T1 lines, only 0-23 (timeslots 1 to 24) values of the 5 bit field are valid. Thus, the TDM cell formatter knows where to look within the memory structure 4000 to read or write the PCM data to and from the specific data cell type.

The ingress read offset 4014 is a six bit field that specifies the read offset for composing the ingress data fields to be placed on the multi-transport mode cell bus. This is due to the fact, as described above, that the DS0 data buffers 3912 of the memory structure in FIG. 39 are 64

bytes and the data section of the TDM cells is 48 bytes. Thus, the memory pointers need to know which PCM data byte 3914 to point to within the DS0 data buffers 3912 of the memory structure 3902 of FIG. 39. The six bit field corresponds to one of the 64 PCM data bytes 3914. Similarly, the egress write offset 4016 is a six bit field that specifies the write offset for composing the PCM data bytes 3914 within the DS0 data buffers 3912 of the memory structure 3902. Thus, the memory pointers are told which PCM data bytes 3914 of the DS0 data buffers 3912 to write the PCM data to. TDM cells in a sequence are assigned differing ingress read offsets 4014 and egress write offsets 4016 based upon assignments to the multi-transport mode cell bus, which in turn are based upon air interface burst assignments.

10 Signaling, such as CAS, is read/written at the DS0 signaling bytes 3920 at the same time as corresponding PCM data is read/written from the DS0 data bytes 3914.

Referring next to FIG. 41 a cell format is shown for a TDM cell used in TDM buffering in the TDM-based service specific interface modules to pack the pulse-code-modulated (PCM) data and signaling from a single DS0 (digital signal level zero) into the TDM cell in accordance with the embodiments shown in FIGS. 39 and 40. The TDM-based SSI modules are shown in FIGS. 20, 21, 25A, and 25B. The TDM cell 4100 includes a header section 4102 (also referred to as an overhead) and data section 4104 (which is the same as data section 2904 of FIG. 29). The header section 4102 contains an even virtual path identifier 4106 (hereinafter referred to as the even VPI) and an odd virtual path identifier 4108 (hereinafter referred to as the odd VPI) and a spare section 4110. Together, the even VPI 4106 and the odd VPI 4108 comprise the ATM VPI 2906 as shown in FIG. 29 which is used in ATM address filtering as described above. The header section 4102 also contains signaling sets 4105, which are 4 bits of signaling (CAS) from one DS0.

In practice, the TDM cell 4100 is one of the cell types defined by the cell type 4010 of the PCM mapping control structures 4002 of FIG. 40. In the ingress, the TDM cell formatter packs 25 48 bytes of PCM data from the DS0 data byte 3914 of a particular DS0 into the data section 4104 and 3 bytes of signaling from the DS0 signaling byte 3920 of the particular DS0 into the signaling sets 4105 of the TDM cell 4100. Alternatively, in the egress, the TDM cell formatter unpacks the PCM data and signaling from the TDM cell 4100 and writes it to the correct DS0 data byte 3014 and DS0 signaling byte 3920 for the respective DS0. Once formatted, the TDM data cells 4100 are copied onto 30 the multi-transport mode cell bus (see FIGS. 15-17) within a CB-Data traffic cell (see FIG. 17).

Note the signaling and the PCM data are both uniquely packed into the TDM cell 4100, whereas a prior art TDM cell uses separate TDM packets for the signaling and the PCM data. Furthermore, the TDM cell 4100 includes a unique header section 4102, whereas a prior art TDM packet does not include a header section since it is routed according to which timeslot it is in, not 35 according to header information. Additionally, the TDM cell 4100 uniquely includes an ATM header, the odd VPI 4108 and the even VPI 4106, i.e. the VPI, used in the ATM filtering techniques described above in the specification.

As an example, based on a 6 msec air frame, the TDM cell 4100 provides a buffering delay of 6 msec (i.e. the length of the 6msec bus frame format) in packing 48 bytes of PCM data from one DS0 into the TDM cell 4100. The header section 4102 includes 6 signaling data sets 4105 or 3 bytes of signaling (containing CAS from the DS0 signaling buffer 3918 of the memory structure of FIG. 39) corresponding to the 48 bytes of PCM samples (taken from the DS0 data buffer 3912 of the memory structure of FIG. 39). The TDM cell 4100 can only be used for structured DS0s. Structured DS0s and unstructured DS0s are well known in the art of digital telecommunications, and thus, no further explanation is required.

Referring next to FIG. 42, a cell format is shown for a TDM cell used in the TDM buffering in the TDM-based service specific interface modules to pack pulse-code-modulated (PCM) data and signaling from multiple DS0s into a single TDM cell in accordance with the embodiments shown in FIGS. 39 and 40. The TDM cell 4200 includes a header section 4202 containing an even VPI 4206, and odd VPI 4208, DS0 #1 signaling set 4216, DS0 #2 signaling set 4218, DS0 signaling sets 4222, and DS0 #n signaling set 4220. The TDM cell 4200 also contains a data section 4204 containing DS0 #1 data section 4210, DS0 #2 data section 4212, and a DS0 #n data section 4214.

In practice, the TDM cell 4200 is generically shown as a TDM cell that is capable of carrying PCM data and signaling from multiple DS0s in the same data section 4204. This is a departure from prior art TDM cells or packets that pack PCM data from one DS0 into a single TDM cell or packet. As stated above, this also departs from a prior art TDM cell in that PCM data and signaling are packed into the same TDM cell 4200. The TDM cell 4200 has the same general design as shown in FIG. 41 except that the TDM cell 4100 in FIG. 41 carries PCM data and signaling from *only one* DS0. Also, the TDM cell 4200 represents several different TDM cell types defined by the cell type 4010 of the PCM mapping control structure 4002 shown in FIG. 40. Thus, the TDM cell formatter uses the PCM mapping control structure to determine which TDM cell type to format for each timeslot on the multi-transport mode cell bus.

The TDM-based SSI modules, advantageously, are configured to format TDM data cells into one of the available formats shown in FIGS. 41, 42, and 43. This minimizes the delay for certain types of traffic carried within certain DS0s. It is especially important to create several different cell types since the TDM data cell generally is confined to such a small size (i.e. 53 bytes) in this embodiment. A prior art TDM-based point to multipoint system does not have these delay concerns since the TDM cells or packets are designed much larger than 53 bytes, typically between 150 to 400 bytes.

The TDM cell 4200 can carry PCM data from more than one DS0 in the data section 4204. The PCM data is packed into DS0 #1 data section 4210 through DS0 #n data section 4214 for DS0 #1 through DS0 #n. For example, if only data from two DS0s were packed into the TDM cell 4200, there would only be two sections, DS0 #1 data section 4210 containing 24 bytes of PCM data from DS0 #1 and DS0 #2 data section 4212 containing 24 bytes from DS0 #2. The

corresponding header section 4202 would contain more than one signaling set for each DS0. For example, there would be three DS0 #1 signaling sets 4216 and three DS0 #2 signaling sets 4218. A spare section would comprise the extra byte in the header section 4202. The spare section would be used if needed to fill the header section 4202 in order to maintain the 5 byte header section 4202 in

5 the TDM cell 4200.

Again, using the example of a 6 msec frame format, the cell formatter takes a 3.0 msec time interval to pack the PCM data and signaling from two DS0s into the TDM cell 4200. Thus, the buffering delay is reduced from 6.0 msec in FIG. 41 to 3.0 msec in this example. Note that since the only 3 msec of PCM data is carried within the TDM cell 4200 in this example, two TDM

10 cells 4200 are sent during the same 6 msec frame. This allows the same amount of PCM data to travel within the same 6 msec frame, while, advantageously, reducing the buffering delay from each TDM cell 4200. As should be obvious to the skilled artist, the more DS0s that are packed into the TDM cell the lower the buffering delay in packing and unpacking the TDM cell 4200. This is advantageous in order to minimize delay for certain traffic.

15 Another example of a cell type shown in FIG. 42 is a TDM cell 4200 that packs both PCM data and signaling from 8 DS0s into the TDM cell 4200. In this case, there are eight DS0 data sections within the data section 4204: DS0 #1 data section 4210, through DS0 #8 data section 4214. Each data section (e.g. DS0 #1 data section 4210) contains 6 bytes of PCM data (also referred to as PCM samples). This provides for only a 0.75 msec buffering delay to pack/unpack the PCM data and

20 signaling to and from the TDM cell 4200. In this example, the corresponding header section 4202 would contain the even VPI 4206, odd VPI 4208, and eight signaling sets, one for each DS0, i.e. DS0 #1 signaling set 4216, DS0 #2 signaling set 4218, DS0 #3-7 signaling sets 4222, and DS0 #8 signaling set 4214. There is no spare section in this example since the signaling sets completely fill the available spaces in the header section 4202. Furthermore, in this example, since only 0.75 msec

25 of PCM data is sent in TDM cell 4200, 8 TDM cells 4200 are assigned during the 6.0 msec frame to carry the PCM data from the 8 DS0s.

Thus, with a slightly different configuration of the data section 4204 and the header section 4202, the TDM cell 4200 may be configured to carry PCM data and signaling from more than one DS0. This, advantageously, reduces the buffering delay in order to minimize delay for certain

30 traffic types. The two examples given (i.e. 2 DS0s and 8 DS0s) are only illustrative of the concept; thus, the skilled artist could implement the TDM cell 4200 to pack other numbers of DS0s for different buffering delays. Additionally, the DS0s that are packed in the TDM cell 4200 can be both structured and unstructured.

Referring next to FIG. 43, a cell format is shown for a TDM cell used in the TDM buffering in the TDM-based service specific interface modules to pack multiple DS0s with embedded framing in accordance with the embodiments shown in FIGS. 39 and 40. The TDM cell 4300 has a data section 4304 that is 50 bytes in length and supports up to 25 DS0s 4312, wherein each DS0 4312

has 2 samples (2 frames) of PCM data (a 0.25 msec time interval). The TDM cell 4300 provides a very low delay service for 24 DS0s 4312. The 25th DS0 4314 contains G.802 embedded framing (line emulation). The buffering delay for TDM cell 4300 is reduced to 0.25 msec. Since the 25th DS0 4314 is embedded framing, the header section 4302 does not need to contain any signaling. Thus, the

- 5 header section 4302 is only three bytes containing the even VPI 4306, odd VPI 4308, and spare section 4310.

Thus, advantageously, different TDM cell types, as shown by TDM cells 4100, 4200, and 4300, may be created by the TDM cell formatters of the TDM-based SSI modules. This enables the TDM data from one or more DS0s and the corresponding signaling to be multiplexed in a 10 variety of ways on to the multi-transport mode cell bus. Again, this departs from known prior art that only multiplexes a single DS0 into one TDM cell.

Referring next to FIGS. 44A and 44B, flowcharts are shown illustrating the TDM buffering as described in FIGS. 39 through 43, done at the TDM-based SSI modules of the point to multipoint system. FIG. 44A illustrates the steps carried out for traffic entering the TDM-based SSI 15 module, either at the hub terminal or the remote terminal, through the transport lines (T1/E1 or DS3, for example) and being multiplexed onto the multi-transport mode cell bus. FIG. 44B illustrates the steps carried out for traffic received at the TDM-based SSI modules from the multi-transport mode cell bus and being switched to the either the subscribers or the backhaul depending on whether or not the TDM-based SSI module is at the remote terminal or the hub terminal.

20 For traffic flow from the T1 lines to the multi-transport mode cell bus of the point to multipoint system through the TDM-based SSI modules, the TDM-based SSI modules perform the following steps. The first step is to convert the DS0s, having already had the framing removed, that are received from the T1 lines from serial to parallel format so that the PCM data and signaling data (such as channel associated signaling) can be recovered (Step 4402 of FIG. 44A). This step is 25 performed by the PCM interfaces that are described in FIGS. 20, 21, 25A, and 25B, e.g. PCM buffer controller 2516. Thus, the signaling data is separated from the PCM data of the received DS0s. Next, the PCM data (PCM samples) and signaling are buffered using a memory structure (Step 4404 of FIG. 44A). Such a memory structure is described with reference to FIG. 39 and may be implemented on each of the TDM-based SSI modules.

30 Next, in preparation for formatting the PCM data and signaling for the multi-transport mode cell bus, the TDM cell formatter obtains the correct PCM mapping control structure for each timeslot of the multi-transport mode cell bus (Step 4406 of FIG 44A). The PCM mapping control structures are contained within the PCM mapping control structure memory, described in FIG. 40, and typically contained within the message buffer coupled to the TDM cell formatter, e.g. the 35 message buffer 2508 shown in FIG. 25A. Then, the TDM cell formatter uses the PCM mapping control structure to determine the specific cell type of TDM cell that will be formatted for each

timeslot of the multi-transport mode cell bus (Step 4408 of FIG. 44A). The specific cell types are shown in FIGS. 41 through 43.

- Next, the TDM cell is formatted by packing the PCM data and signaling into the specific cell type (Step 4410 of FIG. 44A). The PCM mapping control structure further provides the
- 5 TDM cell formatter with the proper offsets into the memory structure of FIG. 39 so that the TDM cell formatter can place the proper PCM data and signaling into the proper locations of the TDM cell. Furthermore, for ATM address filtering, the TDM cell formatter inserts an ATM header, the VPI, into the proper location within the header section (Step 4412 of FIG. 44A). Note that, advantageously, both PCM data and signaling are packed within the same TDM cell, as well as, PCM data and
- 10 signaling from multiple DS0s. Again, this is a departure from the prior art TDM buffering techniques. Finally, the TDM cell, having been formatted, is multiplexed onto the multi-transport mode cell bus (within the data section 1704 of the traffic cell 1700) using the timeplan contained within the message buffer (Step 4414 of FIG. 44A).

- For traffic flow from the multi-transport mode cell bus of the point to multipoint system to the T1 lines of the subscriber or backhaul through the TDM-based SSI modules, the following steps are performed for the TDM buffering. The cells, both ATM and TDM cells, arrive at the multi-transport mode cell bus. First, the TDM cell formatter uses the timeplan to extract the proper cells, only TDM cells destined for the particular TDM-based SSI module (Step 4416 of FIG. 44B). Then, the TDM cell formatter accesses the PCM mapping control structure for each TDM cell
- 20 extracted to determine which cell type the TDM cell corresponds to (Step 4418 of FIG. 44B).

- Once the cell type is determined, the TDM cell formatter unpacks the PCM data and the signaling from the received TDM cell and buffers them into the memory structure as described in FIG. 39 (Step 4420 of FIG. 44B). Note that the PCM mapping control structure provides the proper offsets into the memory structure so that the TDM cell formatter will know which data bytes 3914 or
- 25 signaling bytes 3920 within the memory structure to write the PCM data and signaling for each DS0 into. Next, at the proper time, the PCM interface (e.g. PCM buffer controller 2516) extracts the PCM data and signaling from the memory structure and converts them back to serial DS0 form (Step 4424 of FIG. 44B). Finally, the DS0s are framed for transmission and transmitted through the proper DS0 of the proper T1 line (Step 4426 of FIG. 44B).

- 30 While the invention herein disclosed has been described by means of specific embodiments and applications thereof, numerous modifications and variations could be made thereto by those skilled in the art without departing from the scope of the invention set forth in the claims.

CLAIMS

What is claimed is:

1. A radio (1400) comprising:
 - 5 a multi-modulation modem (1100), wherein the multi-modulation modem includes a modulator that modulates signals using a plurality of modulations;
 - a frequency converter (1422 and 1402) coupled to the multi-modulation modem for converting the signals to a radio frequency; and
 - 10 a transceiver unit (1402) including an antenna (1404) coupled to the frequency converter for transmitting the signals over a radio communications link (118).
2. The radio of Claim 1 wherein said modulator (1100) modulates said signals using said plurality of modulations on a burst-by-burst basis.
- 15 3. The radio of Claim 1 wherein said radio communications link is a time division multiple access radio communications link (118).
4. The radio of Claim 1 wherein said multi-modulation modem (1100) includes a modulator (1102) that modulates said signals using quadrature phase shift keying, 16-quadrature amplitude modulation, and 64-quadrature amplitude modulation.
- 20 5. The radio of Claim 1 wherein said antenna comprises a switched beam antenna (1404).
- 25 6. The radio of Claim 1 wherein said modulator includes a modulation selector unit (1114), wherein the modulation selector unit selects respective ones of said plurality of modulations to modulate said signals.
7. The radio of Claim 1 wherein said modulation selector unit selects said 30 respective ones of said plurality of modulations to modulate said signals on a burst-by-burst basis.
8. The radio of Claim 7 wherein said modulation selector unit includes a constellation lookup (1120), wherein the constellation lookup maps said signals to respective ones a plurality of constellations, wherein each of the plurality of constellations corresponds to a respective 35 one of said plurality of modulations.

9. The radio of Claim 1 wherein said multi-modulation modem includes a demodulator (1104) that demodulates received signals having been modulated using said plurality of modulations.

5 10. The radio of Claim 9 wherein said demodulator includes a multi-modulation slicer (1160), wherein the multi-modulation slicer maps said received signals to a respective one of a plurality of constellations, wherein each of said plurality of constellations corresponds to respective ones of said plurality of modulations.

10 11. The radio of Claim 9 wherein said demodulator comprises an acquisition section (1140) comprising:
 a precorrelation filter (1144); and
 a burst detector and parameter estimator unit (1146) coupled to the precorrelation filter.

15 12. The radio of Claim 11 wherein said demodulator further comprises a tracking section (1142) comprising:
 an automatic gain control (1156);
 an equalizer and phase rotator unit (1158) coupled to the automatic gain control;
20 13. The radio of Claim 1 wherein said signals comprise a plurality of transport mode signals (2800 and 2900).
 and
 a carrier recovery loop (1162) coupled to multi-modulation slicer and the equalizer and phase rotator unit.

25 14. The radio of Claim 1 further comprising:
 a formatter (1418 and 1419) for formatting said signals for transmission on a bus,

30 wherein said signals comprise synchronous signals and asynchronous signals; and
 a bus (1416) for carrying said signals to said multi-modulation modem.

35 15. The radio of Claim 14 wherein said synchronous signals comprise time division multiplexed signals (2900) and said asynchronous signals comprise asynchronous transfer mode signals (2800).

16. A modem comprising:
a multi-modulation modem (1100) comprising:
a modulator (1102) including a modulation selector unit (1114), wherein
the modulator modulates signals using a plurality of modulations, wherein the modulation selector
5 unit selects respective ones of the plurality of modulations to modulate the signals; and
a demodulator (1104) for demodulating the signals using the plurality of
modulation modes.
17. The multi-modulation modem of Claim 16 wherein said plurality of
10 modulations comprises quadrature phase shift keying, 16-quadrature amplitude modulation, and 64-
quadrature amplitude modulation.
18. The modem of Claim 17 wherein said modulation selector unit selects said
respective ones of said plurality of modulations to modulate said signals on a burst-by-burst basis.
15
19. The modem of Claim 16 wherein said modulation selector unit comprises:
a byte to symbol converter (1116);
a burst formatter (1118) coupled to the byte to symbol converter for formatting said
signals into bursts; and
- 20 a constellation lookup unit (1120) coupled to the burst formatter for mapping
respective signals into respective ones of a plurality of constellations, wherein each of the plurality of
constellations corresponds to a respective one of said plurality of modulations.
20. The modem of Claim 19 further wherein said burst formatter formats said
25 signals into one of a plurality of burst types (700 and 710).
21. The modem of Claim 19 further comprises:
a transmit buffer interface (1108);
a scrambler (1110) coupled to a transmit buffer interface;
30 an encoder (1112) coupled to the scrambler;
said modulation selector unit (1114) coupled to the encoder;
a pulse shaper (1122) coupled to said modulation selector unit;
a halfband filter (1124) coupled to the pulse shaper;
a ramper (1126) coupled to the halfband filter;
35 a linearizer (1128) coupled to the ramper;
an intermediate frequency modulator (1130) coupled to the linearizer; and

a sync distortion compensation filter (1132) coupled to the intermediate frequency modulator.

22. The modem of Claim 16 wherein said demodulator includes:
5 an acquisition section (1140); and
a tracking section (1142) coupled to the acquisition section, wherein the tracking section demodulates received signals having been modulated with said plurality of modulations.

23. The modem of Claim 22 wherein said tracking section includes an equalizer
10 and phase rotator unit (1158), wherein the equalizer and phase rotator unit minimizes intersymbol interference.

24. The modem of Claim 23 wherein said equalizer and phase rotator unit includes
a feed-forward equalizer coupled to a feedback equalizer.
15

25. The modem of Claim 23 wherein said tracking section (1142) further comprises a multi-modulation slicer (1160) coupled to said equalizer and phase rotator unit, wherein the multi-modulation slicer maps said signals into one of a plurality of constellations, wherein each of the plurality of constellations is associated with one of said plurality of modulations.
20

26. The modem of Claim 25 wherein said tracking section further comprises a carrier recovery loop (1162) coupled to said multi-modulation slicer and said equalizer and phase rotator unit, wherein the carrier recovery loop recovers suppressed carrier signals using one or more of said plurality of modulations.
25

27. The modem of Claim 26 further comprising:
a symbol to byte converter (1166) coupled to said multi-modulation slicer of said tracking section;
a decoder (1168) coupled to said symbol to byte converter;
30 a descrambler (1170) coupled to the decoder; and
an output buffer (1172) coupled to the descrambler.

28. A method of radio transmission comprising:
receiving (1416) signals into a radio;
35 modulating (1906) the signals using respective ones of a plurality of modulations;
converting (1908) the signals, having been modulated, to a radio frequency; and
transmitting (1910) the signals over a radio communications link.

29. The method of Claim 28 wherein said modulating comprises using (1100) a multi-modulation modem to modulate said signals using said plurality of modulation.

30. The method of Claim 28 wherein said modulating comprises modulating said 5 signals using said plurality of modulations, wherein said plurality of modulations comprise quadrature phase shift keying, 16-quadrature amplitude modulation, and 64-quadrature amplitude modulation.

31. The method of Claim 28 wherein said modulating comprises modulating said signals using said respective ones of said plurality of modulations on a burst-by-burst basis.

10

32. A method of radio reception comprising:

receiving (1912) signals from a radio communications link into a radio, wherein the signals are modulated with respective ones of a plurality of modulations;
converting (1914) the signals from a radio frequency to a digital baseband; and
15 demodulating (1916) the signals having been modulated with the respective ones of the plurality of modulations.

15

33. The method of Claim 32 wherein said demodulating comprises said demodulating, using (1100) a multi-modulation modem, said signals having been modulated with said 20 respective ones of said plurality of modulations.

20

34. The method of Claim 32 wherein said demodulating comprises demodulating said signals having been modulated with said respective ones of said plurality of modulation modes, wherein said plurality of modulation modes comprise quadrature phase shift keying, 16-quadrature 25 amplitude modulation, and 64-quadrature amplitude modulation.

25

35. The method of Claim 32 wherein said demodulating comprises demodulating, on a burst-by-burst basis, said signals having been modulated with said respective ones of said plurality of modulations.

30

36. A radio comprising:

means for receiving (1418 and 1419) signals into the radio from an input source;
means for modulating (1100) the signals using respective ones of a plurality of 35 modulations;
means for converting (1422 and 1402) the signals, having been modulated, to a radio frequency; and

means for transmitting (1402 and 1404) the signals over a radio communications link.

37. The radio of Claim 36 wherein said means for modulating comprises means for modulating said signals using respective ones of said plurality of modulations on a burst-by-burst basis.

38. The radio of Claim 36 further comprising:
means for formatting (2504 and 2506) said signals for transmission onto a bus,
wherein said signals comprise a plurality of transport mode signals; and
means for transporting (1416) the signals, having been formatted, to said means for modulating.

39. A radio comprising:
means for receiving (1402) signals from a radio communications link into the radio,
wherein the signals are modulated with respective ones of a plurality of modulations;
means for converting (1402 and 1422) the signals from a radio frequency to a digital baseband; and
means for demodulating (1100) the signals having been modulated with respective ones of the plurality of modulations.

40. The radio of Claim 39 wherein said means for demodulating comprises means for demodulating said signals having been modulated with said respective ones of said plurality of modulations on a burst-by-burst basis.

41. The radio of Claim 39 further comprising:
said means for receiving comprises:
said means for receiving said signals, wherein said signals comprise a plurality of transport mode signals (2800 and 2900) having been formatted for transmission over said radio communications link;
means for transporting (1416) said signals from said means for demodulating to an interface module; and
means for distinguishing (3000) said signals.

42. A method of modulation comprising:
receiving (1108) signals into a modulator;
converting (1116) the signals to symbols;

- formatting (1118) the symbols into bursts;
mapping (1120) the bursts into respective ones of a plurality of constellations,
wherein each of the plurality of constellations corresponds to a respective one of a plurality of
modulations; and
5 modulating (1130) the bursts using respective ones of the plurality of modulations.
43. The method of Claim 42 wherein said mapping comprises mapping the bursts
into respective ones of said plurality of constellations, wherein said plurality of constellations
comprises a 4 point constellation, a 16 point constellation, and a 64 point constellation.
- 10 44. The method of Claim 42 further comprising:
scrambling (1110) said signals prior to said converting; and
encoding (1112) said signals prior to said converting.
- 15 45. The method of Claim 44 further comprising:
interpolating (1122) said bursts after said mapping and prior to said modulating;
applying (1126) a ramp to said bursts prior to said modulating;
compensating (1128) for non-linear distortion in said bursts prior to said
modulating; and
20 compensating (1132) for sinc distortion after said modulating.
46. A method of demodulation comprising:
receiving (1138) complex symbols into a demodulator, wherein the complex
symbols have been modulated using respective ones of a plurality of modulations;
25 obtaining (1146) a gain estimate of the complex symbols having been received;
obtaining (1146) a timing estimate of the complex symbols having been received;
obtaining (1146) a phase estimate of the complex symbols having been received;
obtaining (1146) a frequency offset estimate of the complex symbols having been
received;
30 minimizing (1158) intersymbol interference using an equalizer; and
mapping (1160), using a multi-modulation slicer, the complex symbols to respective
ones of a plurality of constellations, wherein each of the plurality of constellations corresponds to a
respective one of the plurality of modulations.

47. The method of Claim 46 further comprising tracking (1142) a carrier signal.

48. The method of Claim 47 further comprising tracking (1162), using a carrier recovery loop, a phase and a frequency of a suppressed carrier signal.

5

49. The method of Claim 48 wherein said tracking (1162), using said carrier recovery loop comprises tracking, using a second order phase lock loop of said carrier recovery loop, said phase and said frequency of said suppressed carrier signal.

10

50. The method of Claim 48 wherein said tracking said carrier signal comprises tracking a quadrature phase shift keying carrier signal.

51. The method of Claim 50 wherein said tracking, using said carrier recovery loop, said phase and said frequency of a suppressed quadrature amplitude modulation signal.

15

52. The method of Claim 46 wherein said receiving comprises receiving (1138) said complex symbols into said demodulator, wherein said complex symbols have been modulated using respective ones of quadrature phase shift keying, 16-quadrature amplitude modulation, and 64-quadrature amplitude modulation.

20

53. The method of Claim 46 wherein said mapping comprises mapping, using said multi-modulation slicer, said complex symbols to respective ones of said plurality of constellations, wherein said plurality of constellations comprises 4 point, 16 point, and 64 point constellations.

25

54. The method of Claim 46 further comprising:
converting (1166) said complex symbols, having been mapped, to bytes;
decoding (1168) the bytes;
descrambling (1170) the bytes;
buffering (1172) the bytes; and
outputting (1174), from the demodulator, the bytes having been buffered.

30

55. A method (1140) of providing accurate parameter estimates of received complex symbols in a demodulator comprising:
receiving (1138) complex symbols from a burst into a demodulator, the burst having
35 been transmitted over a communications channel;

- loading (1164) stored interpolation coefficients into a precorrelation filter (1144),
wherein the stored interpolation coefficients represent a true timing offset of the communications
channel as seen by the demodulator, whereby the communications channel has been equalized;
correlating (1144) the received complex symbols from the burst using the
5 precorrelation filter having been loaded;
detecting (1146) the burst; and
estimating (1146) parameters of the burst having been detected, whereby the
estimating step is performed with the communications channel having been equalized.
- 10 56. The method of Claim 55 wherein said estimates comprises:
estimating (1146) a gain estimate of the burst;
estimating (1146) a timing estimate of the burst;
estimating (1146) a phase estimate of the burst; and
estimating (1146) a frequency offset of the burst.
- 15 57. The method of Claim 55 further comprising:
receiving (1138), prior to said receiving said complex symbols from said burst,
overhead complex symbols from an overhead burst, the overhead burst having been transmitted over
said communications channel;
- 20 loading (1164), prior to said receiving said complex symbols from said burst, default
interpolation coefficients into said precorrelation filter (1144), wherein the default interpolation
coefficients represent an estimated timing offset of said communications channel as seen by said
demodulator;
- 25 correlating (1144), prior to said receiving said complex symbols from said burst, the
received overhead complex symbols from the overhead burst using said precorrelation filter having
been loaded with the default interpolation coefficients;
detecting (1146), prior to said receiving said complex symbols from said burst, the
overhead burst; and
- 30 estimating (1146), prior to said receiving said complex symbols from said burst, a
timing offset of the overhead burst, wherein the timing offset represent said true timing offset of said
communications channel as seen by said demodulator.
58. The method of Claim 57 further comprising:
equalizing (1158), prior to said receiving said complex symbols from said burst, said
35 communications channel using said timing offset;
determining (1158), prior to said receiving said complex symbols from said burst,
said stored interpolation coefficients from said timing offset during the equalizing step; and

storing (1164), prior to said receiving said complex symbols from said burst, said stored interpolation coefficients, wherein said stored interpolation coefficients correspond to said communications channel.

5 59. The method of Claim 55 wherein said receiving comprises receiving complex symbols from respective bursts into a demodulator, the respective bursts having been transmitted over respective communications channels.

60. The method of Claim 59 wherein said loading comprises loading (1164) 10 respective stored interpolation coefficients into said precorrelation filter, wherein the respective stored interpolation coefficients correspond to said respective bursts, wherein the respective stored interpolation coefficients represent a true timing offset of said respective communications channels as seen by the demodulator, whereby said respective communications channels have been equalized.

15 61. The method of Claim 60 wherein said correlating comprises correlating (1144) said received complex symbols from said respective bursts using said precorrelation filter having been loaded;

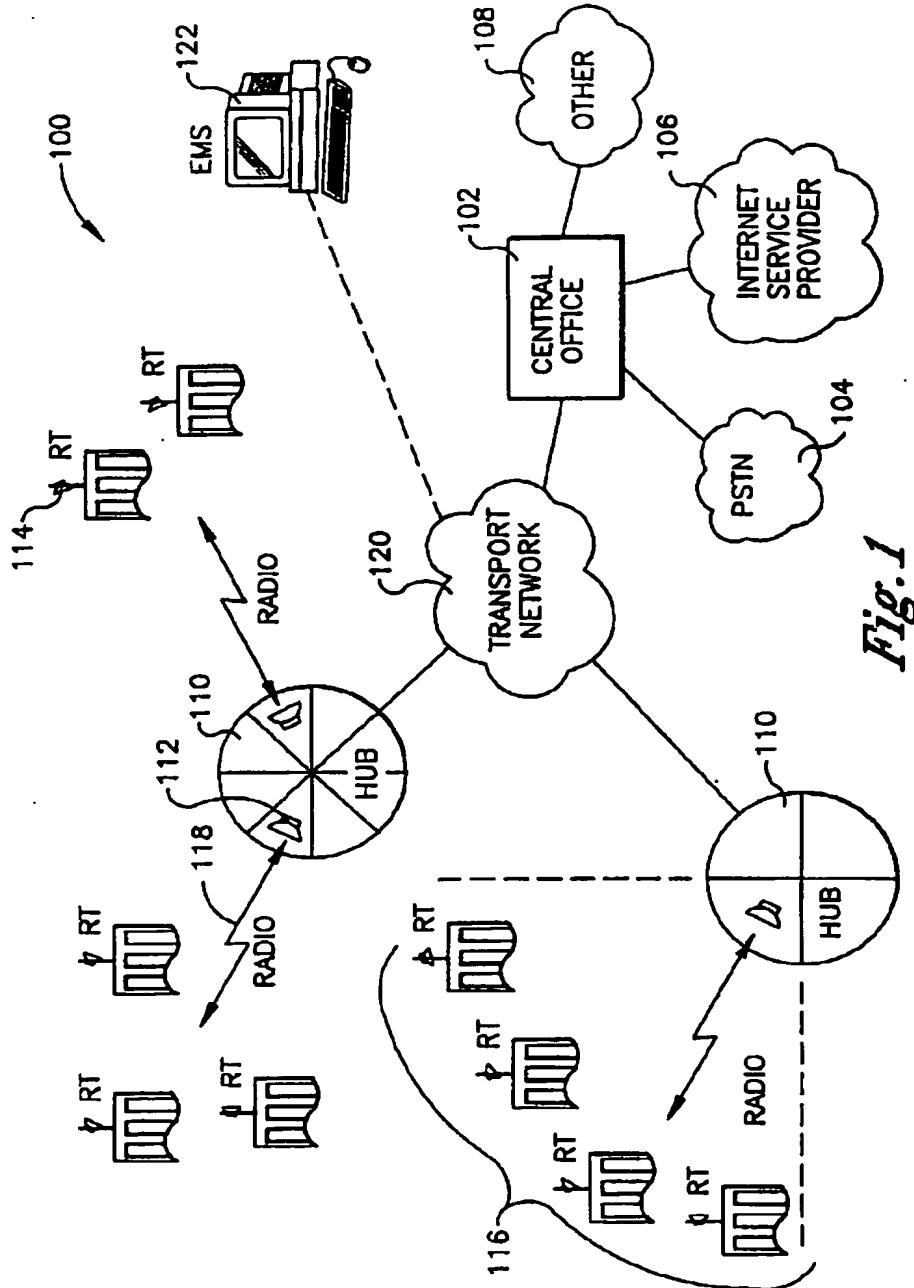
wherein said detecting comprises detecting (1146) said respective bursts; and
wherein said estimating comprises estimating (1146) said parameters of said
20 respective bursts having been detected, whereby said estimating step is performed with said respective communications channels having been equalized.

62. An acquisition section (1140) of a demodulator (1104) for allowing accurate parameter estimation comprising:

25 a precorrelation filter (1144) for receiving complex symbols comprising bursts, wherein the bursts have been transmitted over a communications channel;
a burst detector (1146) coupled to the precorrelation filter;
a parameter estimator (1146) coupled to the burst detector;
an equalizer (1158) coupled to the parameter estimator; and
30 a coefficient memory (1164) coupled to the equalizer and the precorrelation filter.

63. The acquisition section of Claim 62 wherein said precorrelation filter comprises a finite impulse response filter (1144).

1/42

*Fig. 1*

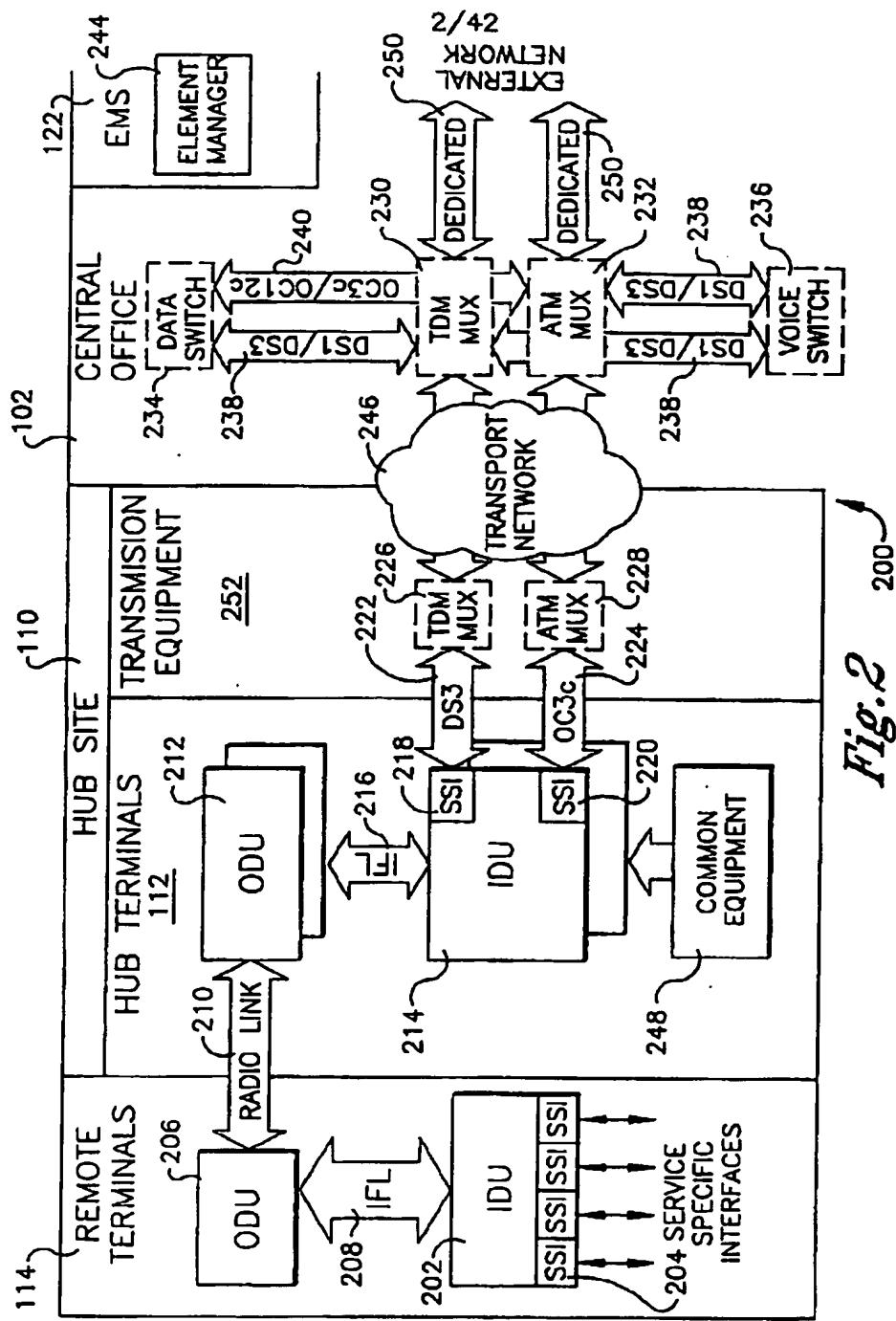


Fig. 2 200

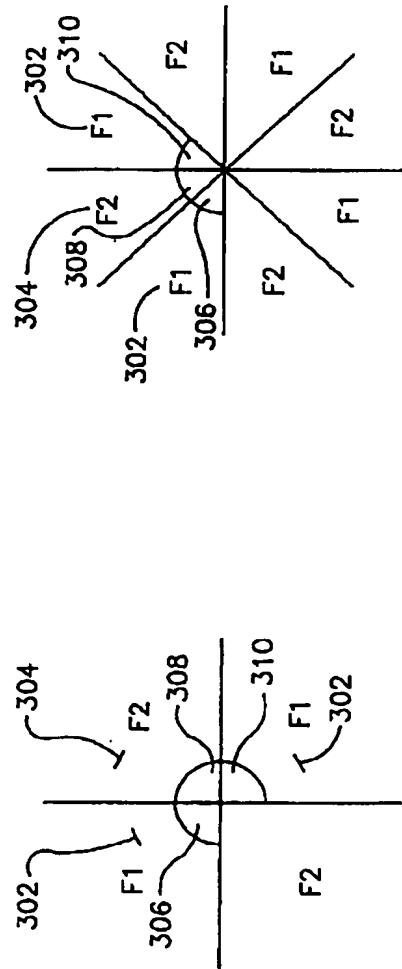


Fig. 3A

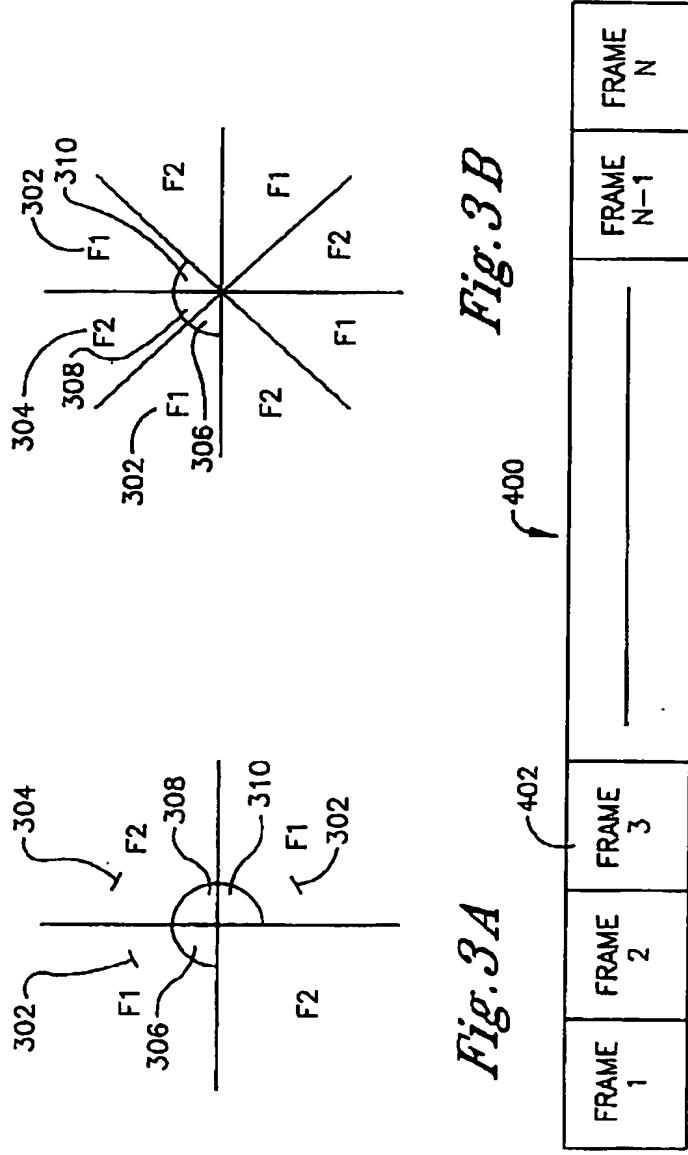
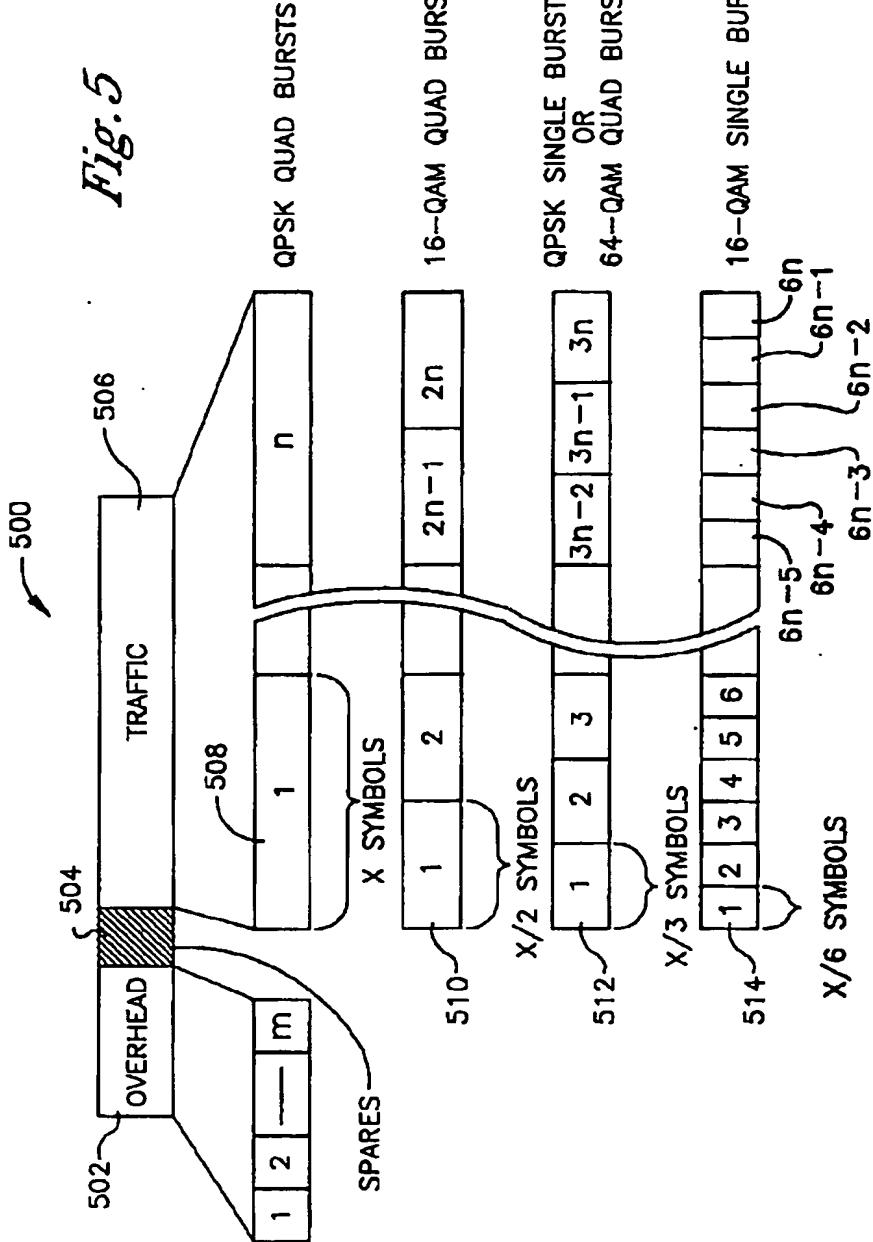


Fig. 3B

FRAME 1	FRAME 2	FRAME 3		FRAME N-1	FRAME N
			400		

Fig. 4



5/42

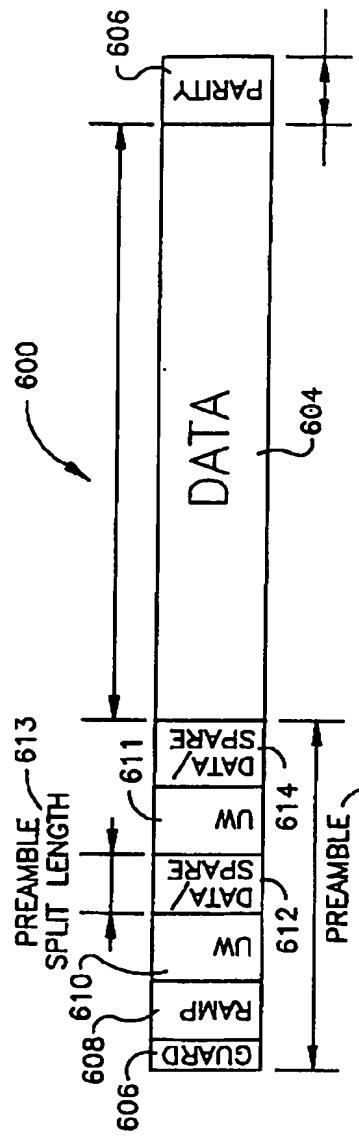


Fig. 6

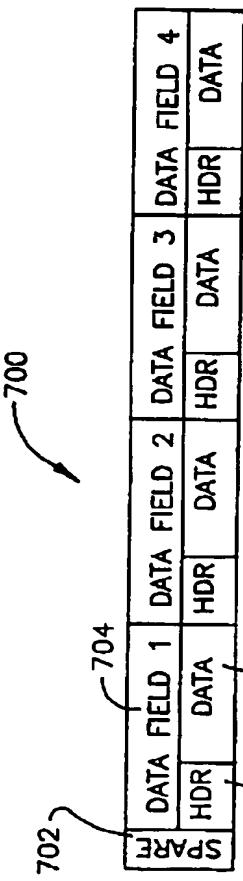


Fig. 7A

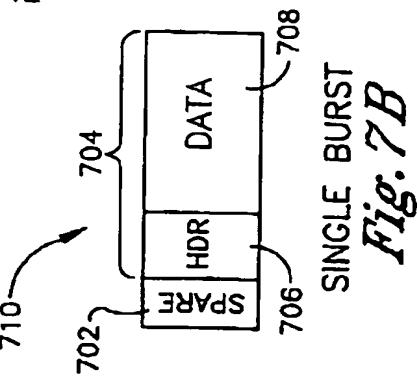


Fig. 7B

6/42

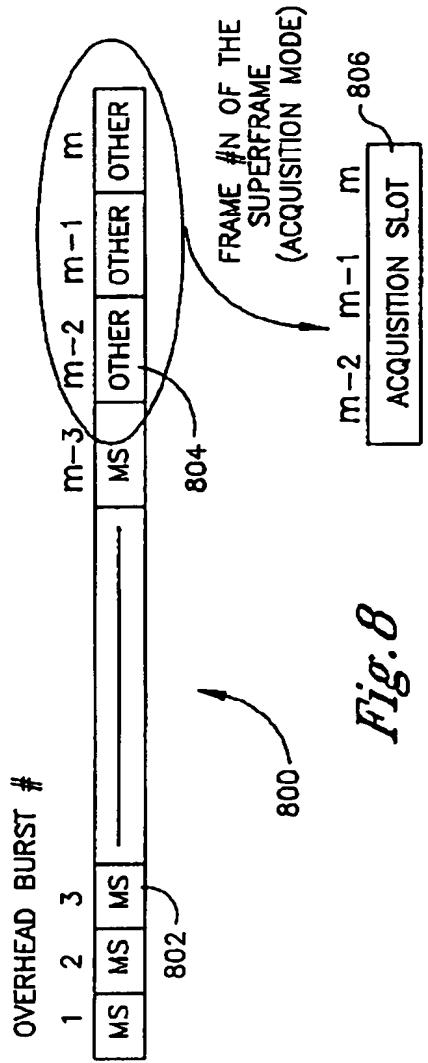


Fig. 8

7/42

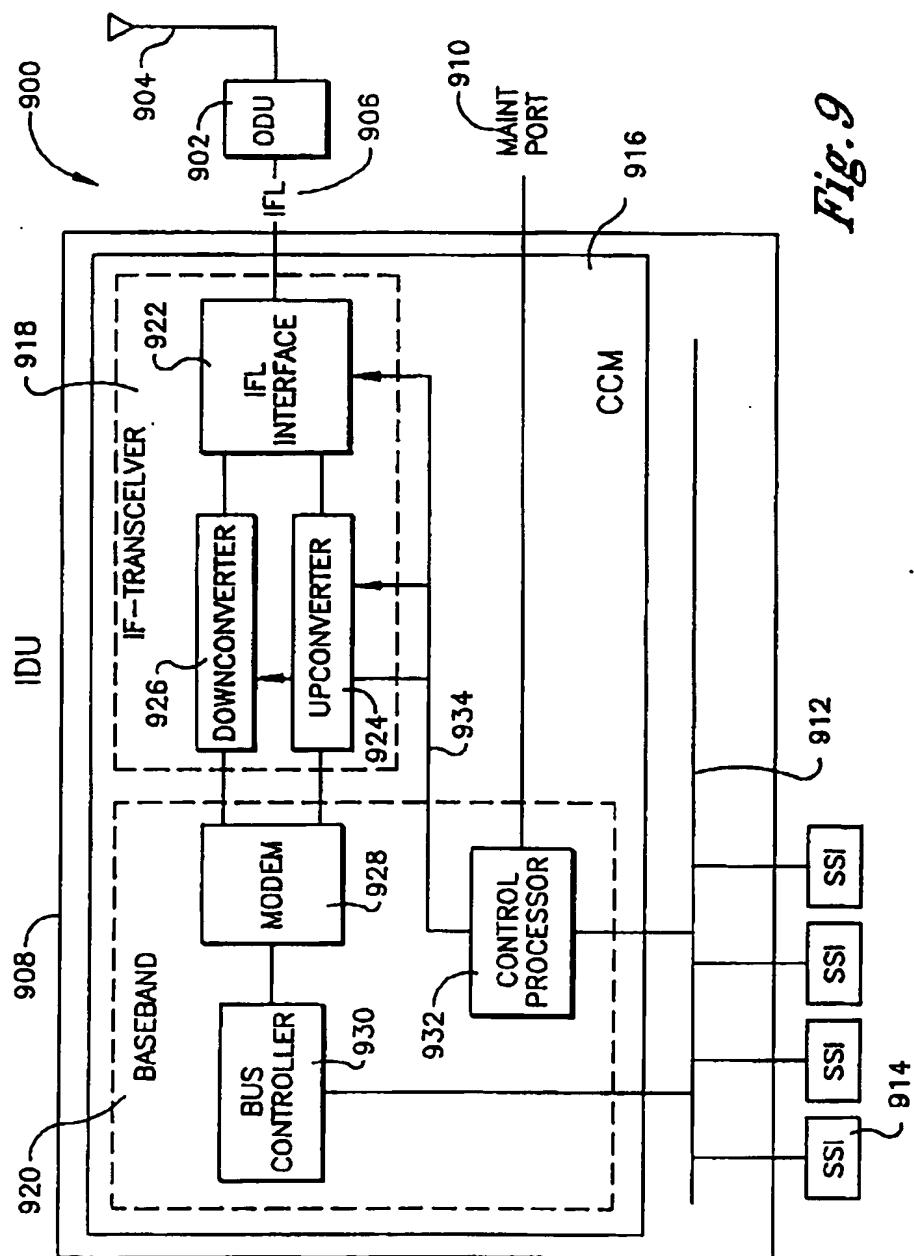


Fig. 9

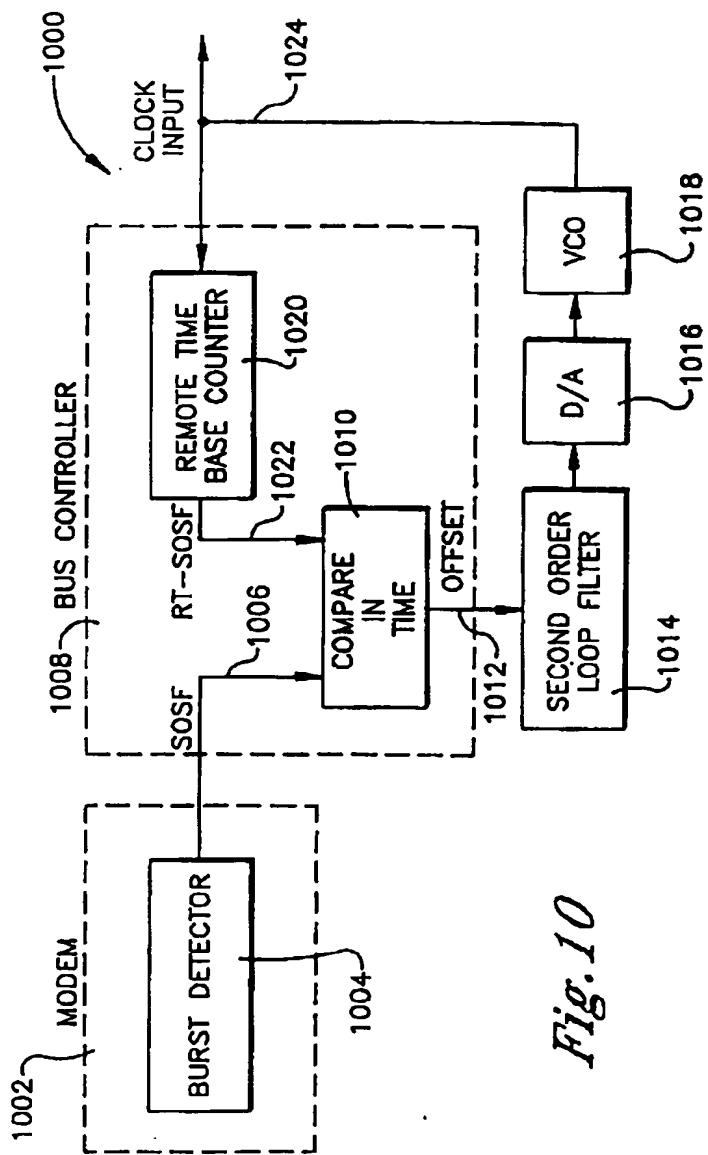
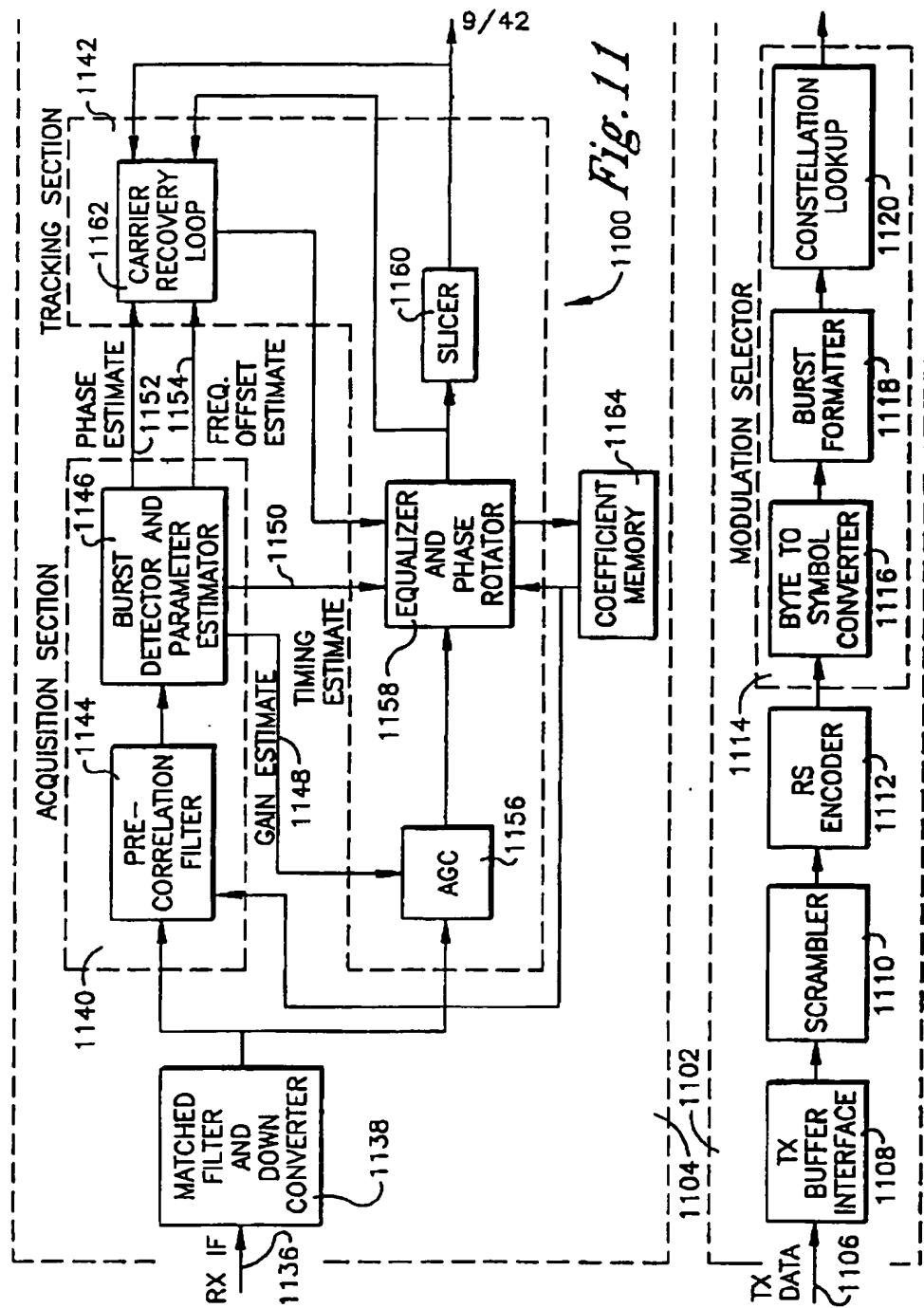
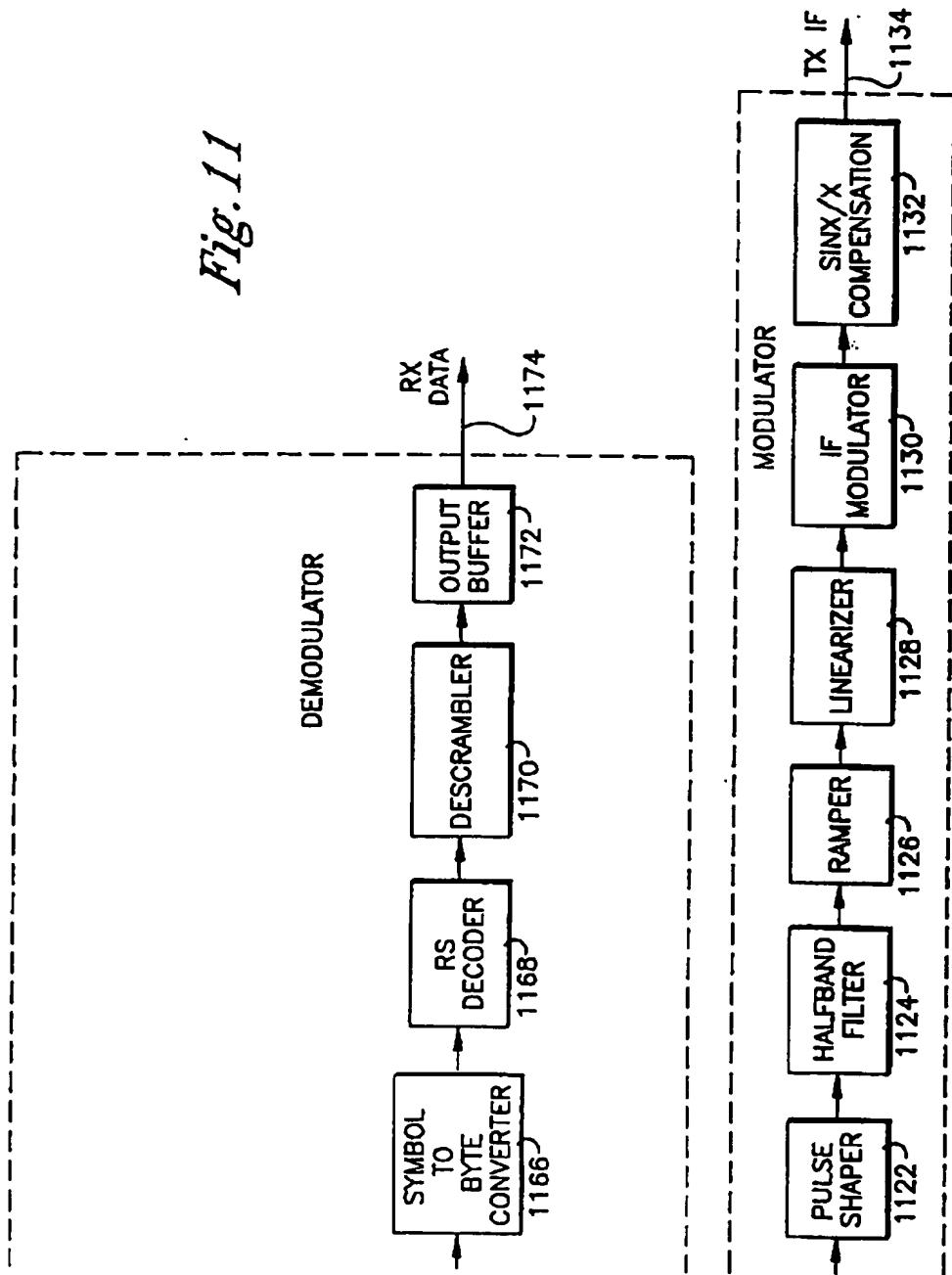


Fig. 10



10/42

Fig. 11



11/42

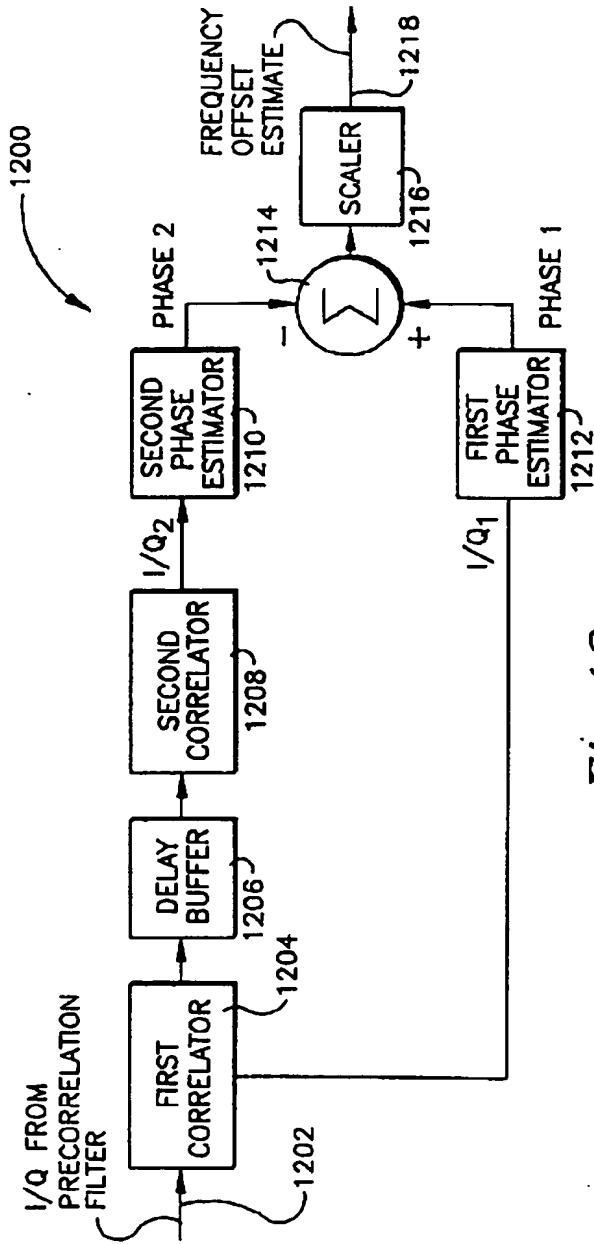
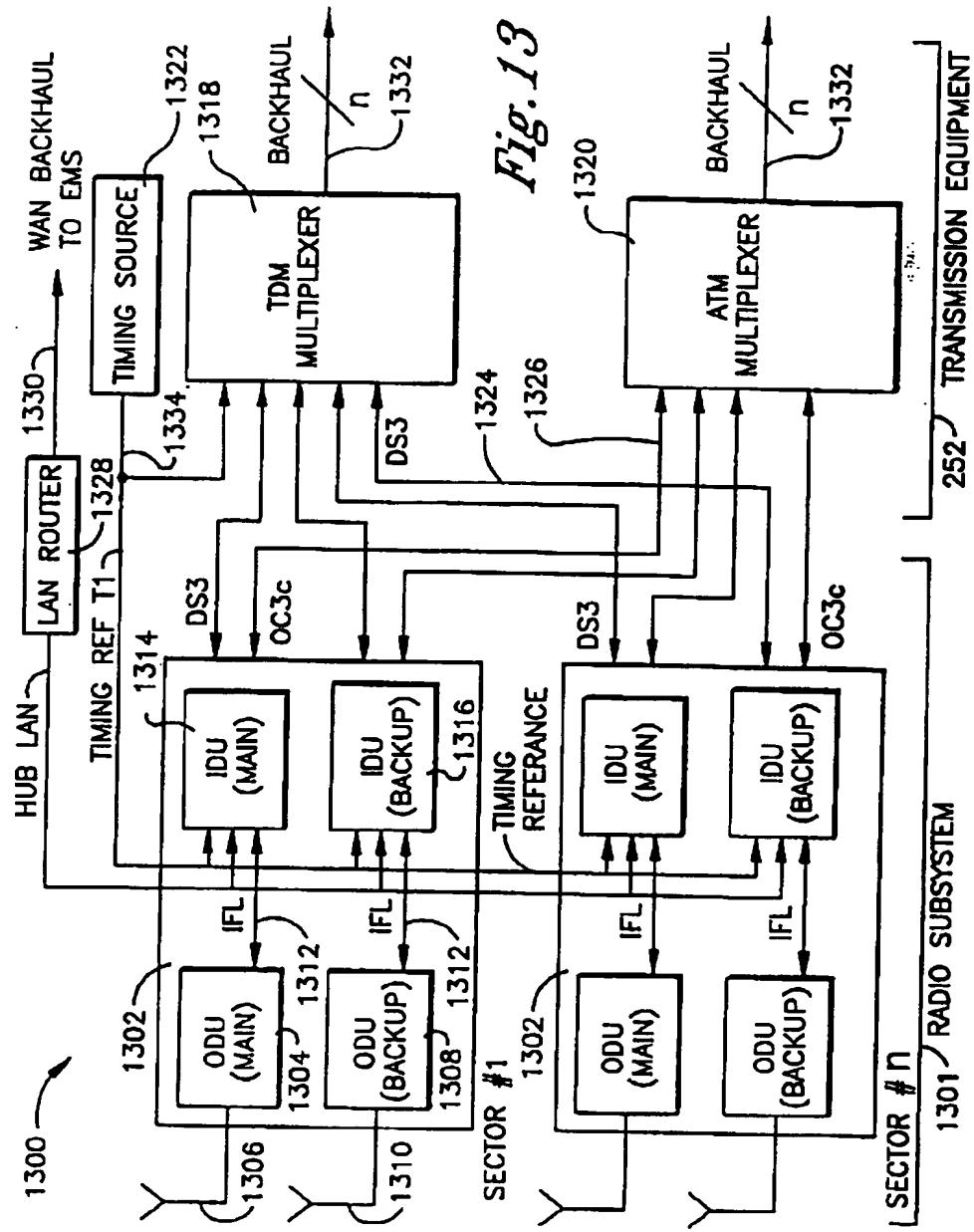


Fig. 12

12/42



13/42

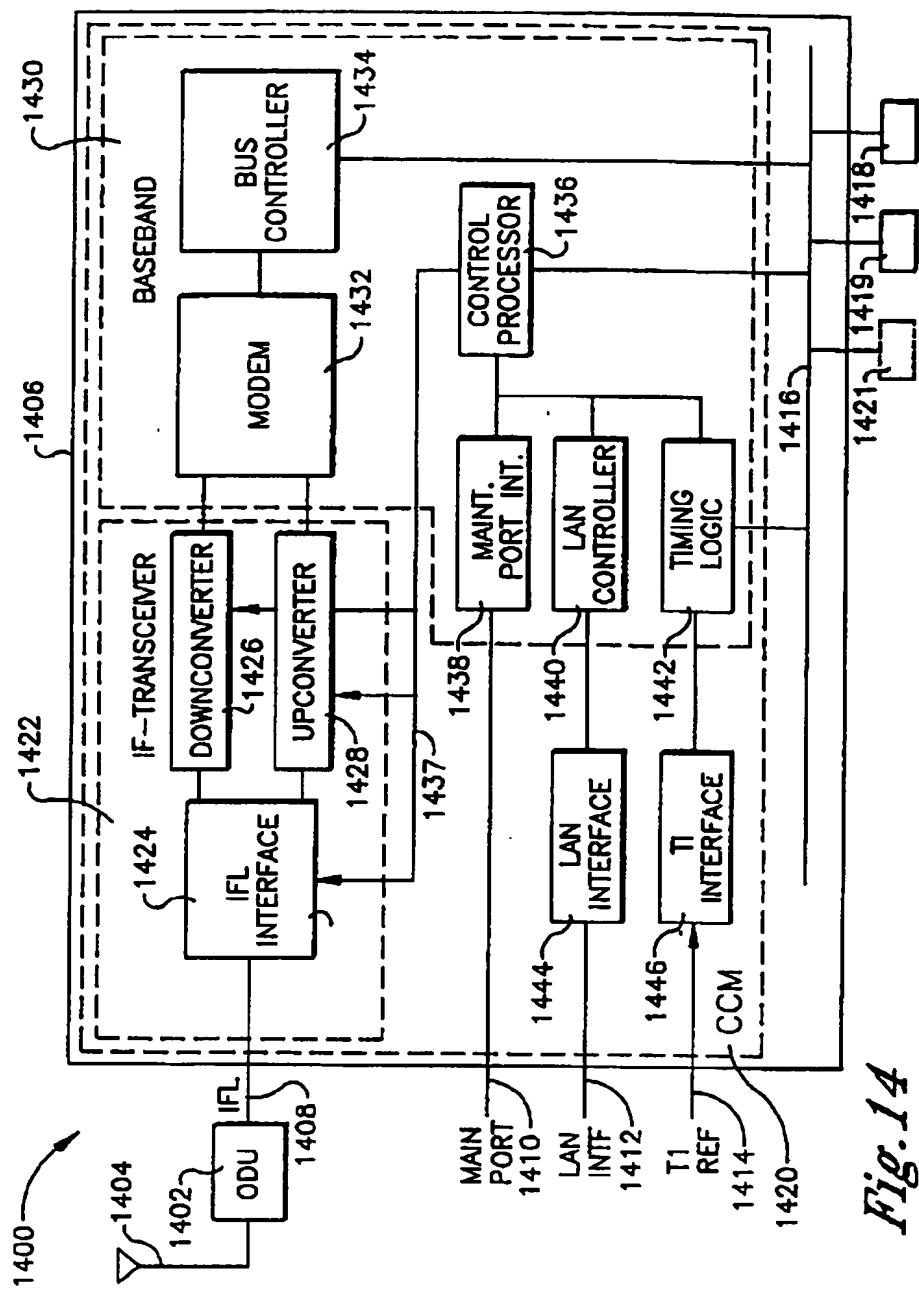
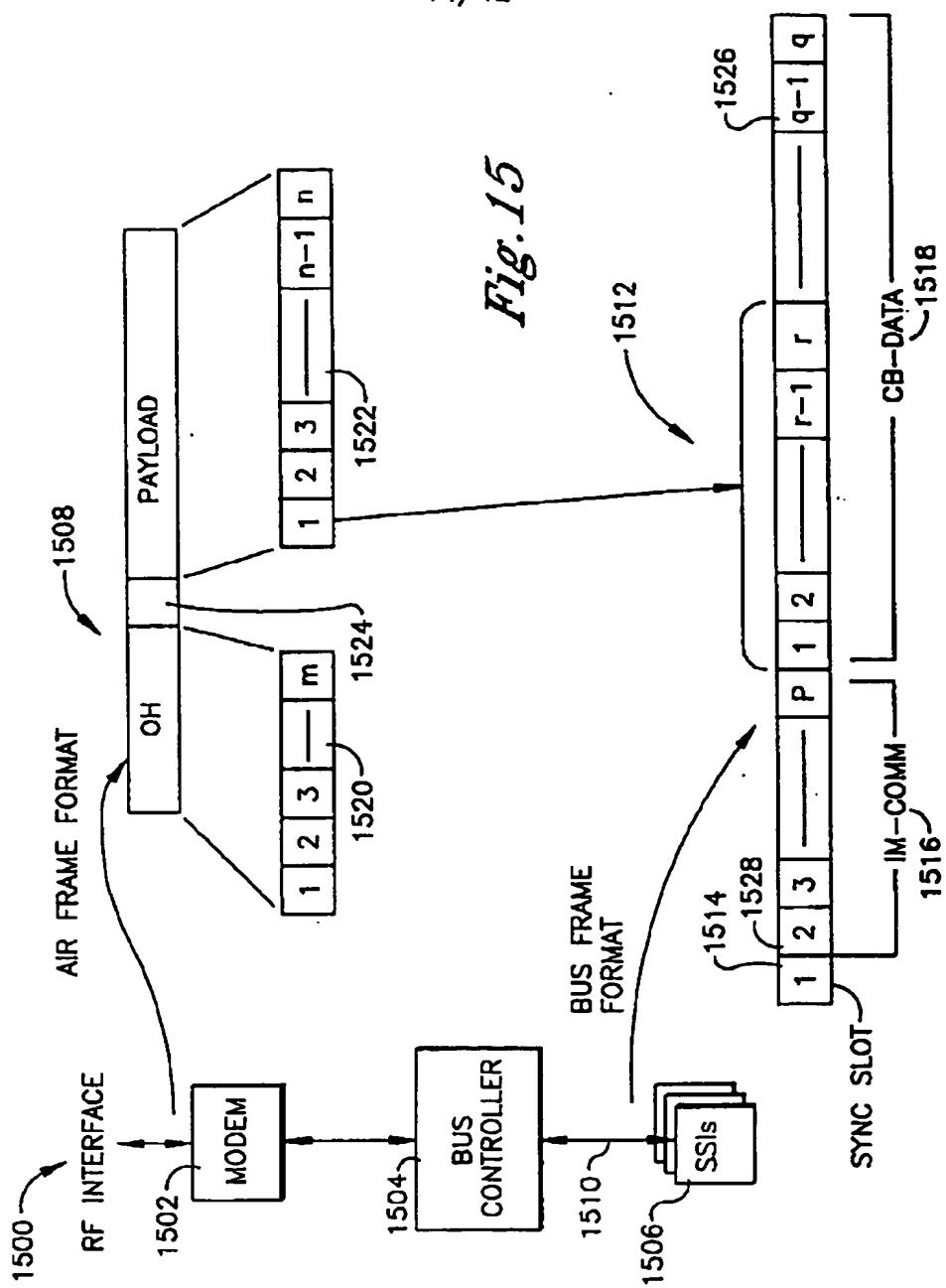


Fig. 14

14/42



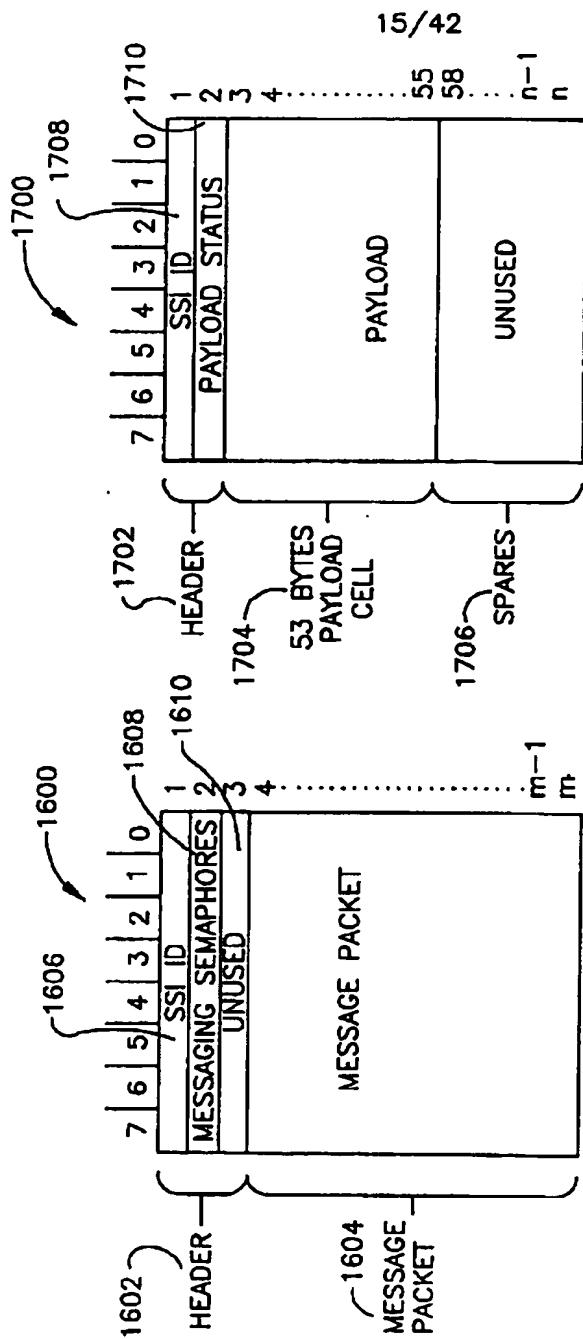


Fig. 16

Fig. 17

16/42

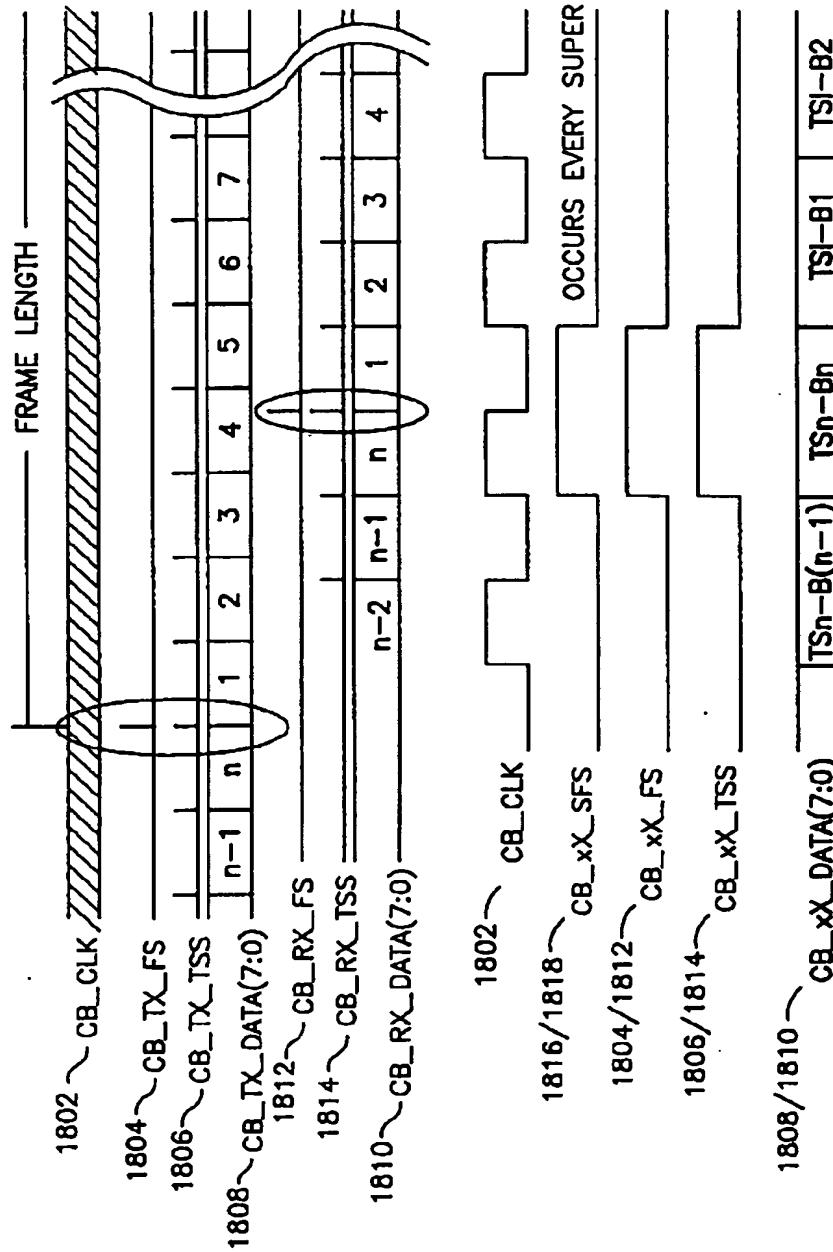
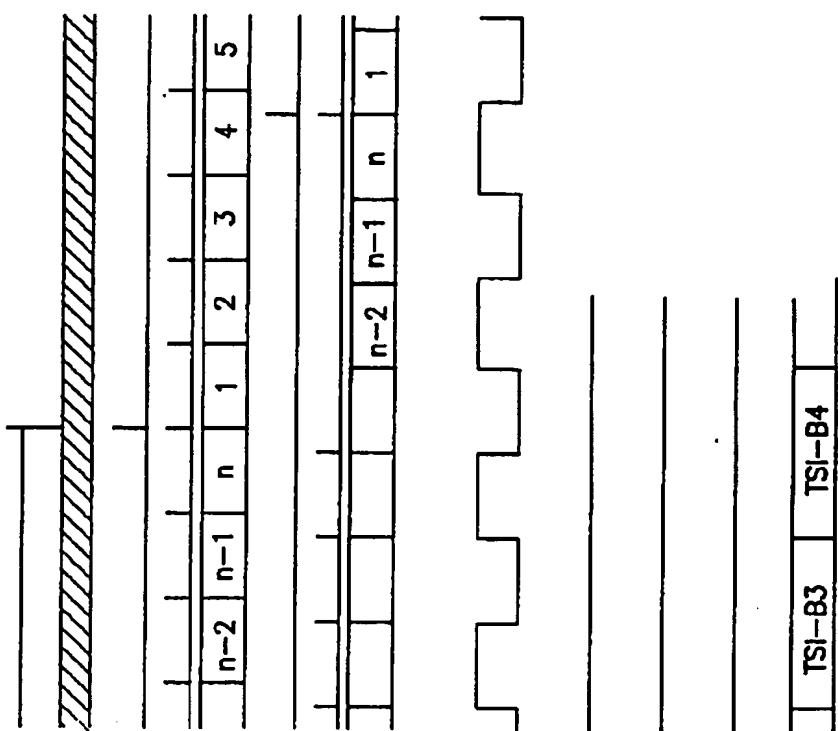
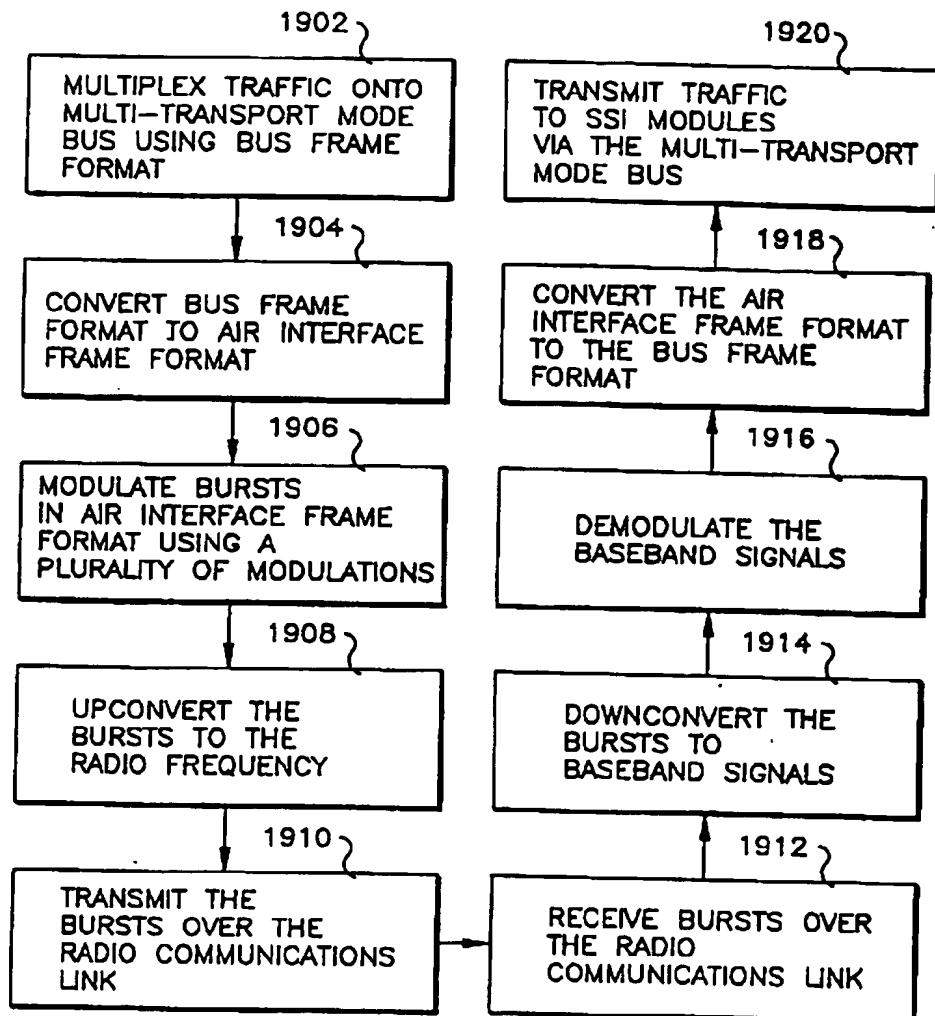


Fig. 18 CELL BUS TIMING

17/42

Fig. 18

*Fig. 19*

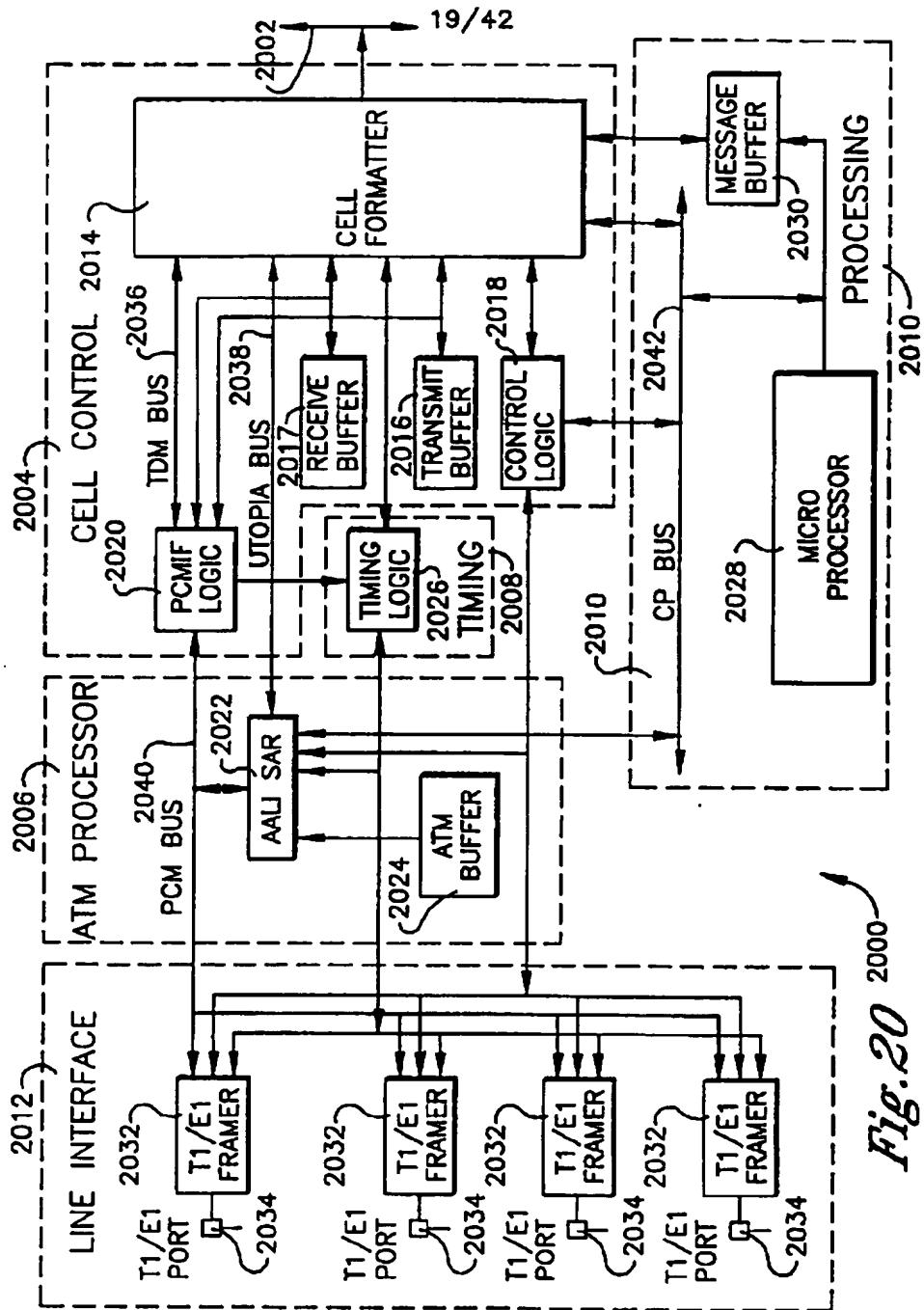


Fig. 20 2000

20/42

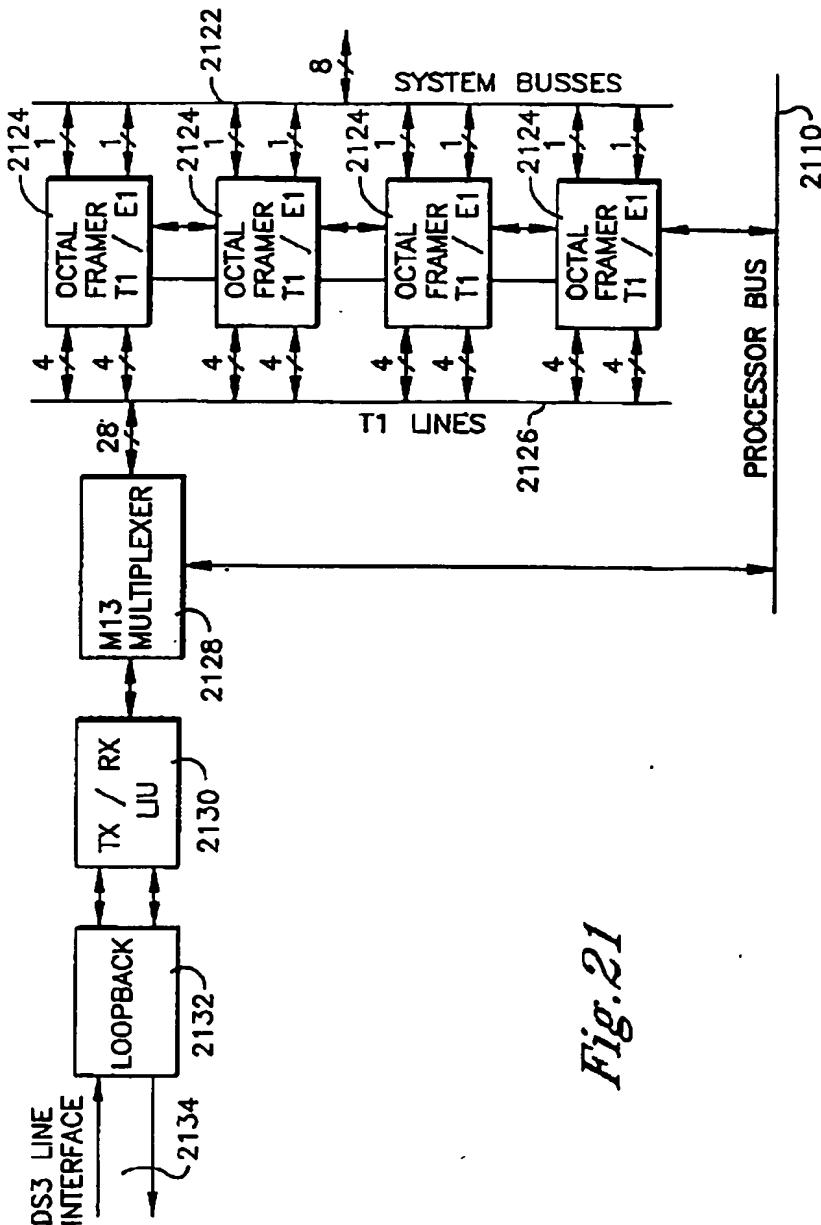
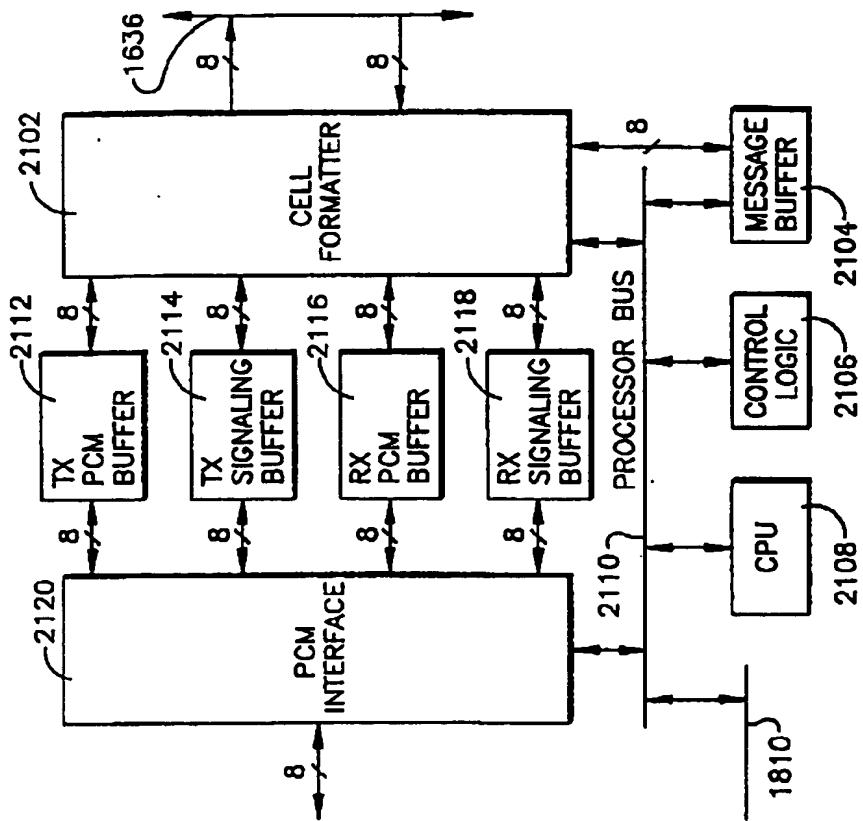


Fig. 21

Fig.21



22/42

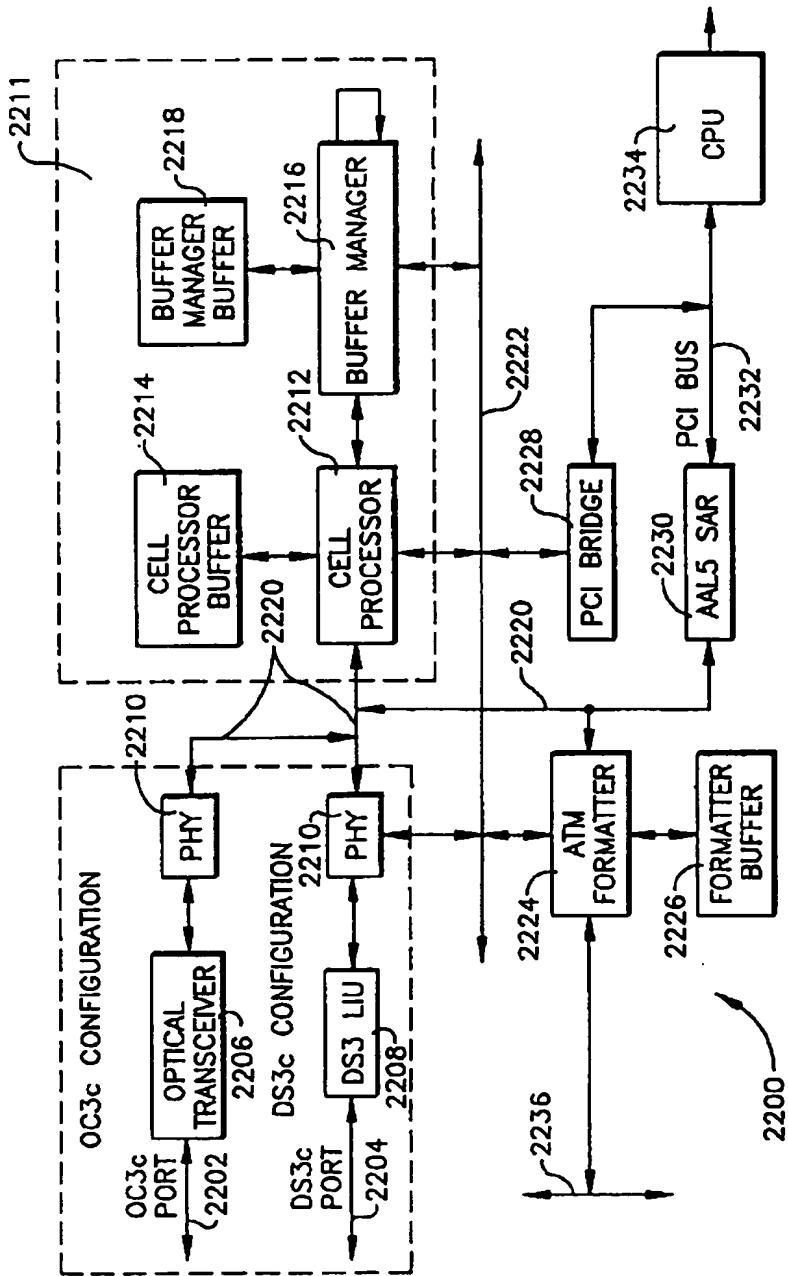


Fig.22

23/42

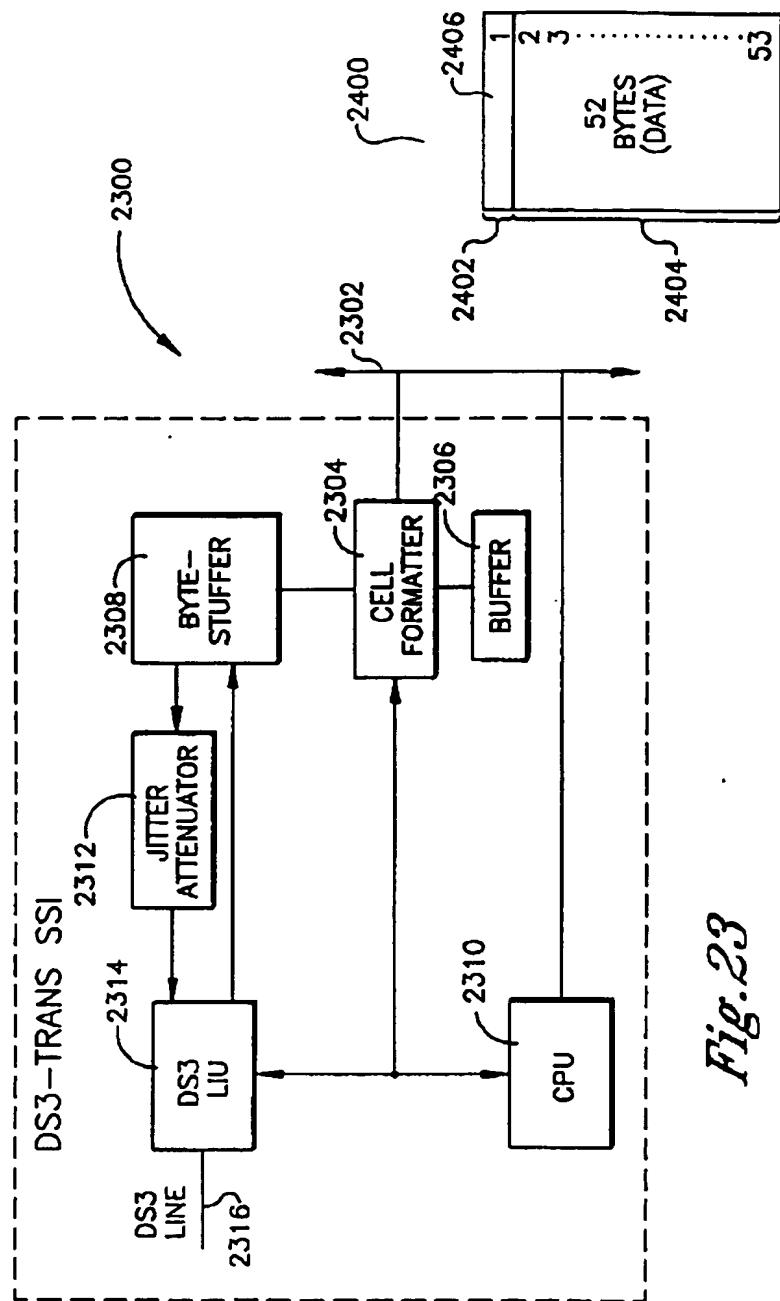


Fig.23

Fig.24

24/42

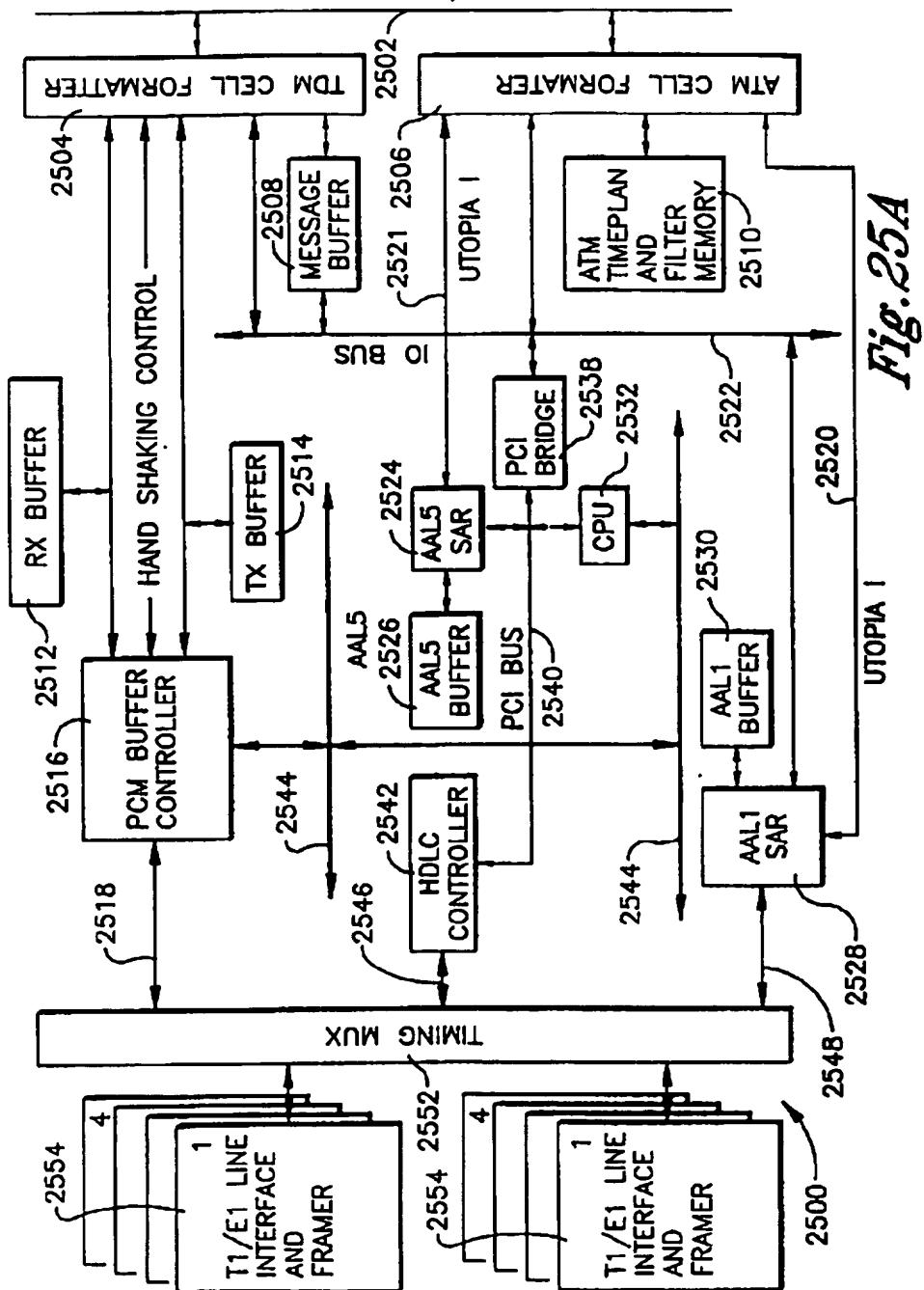


Fig.25A

25/42

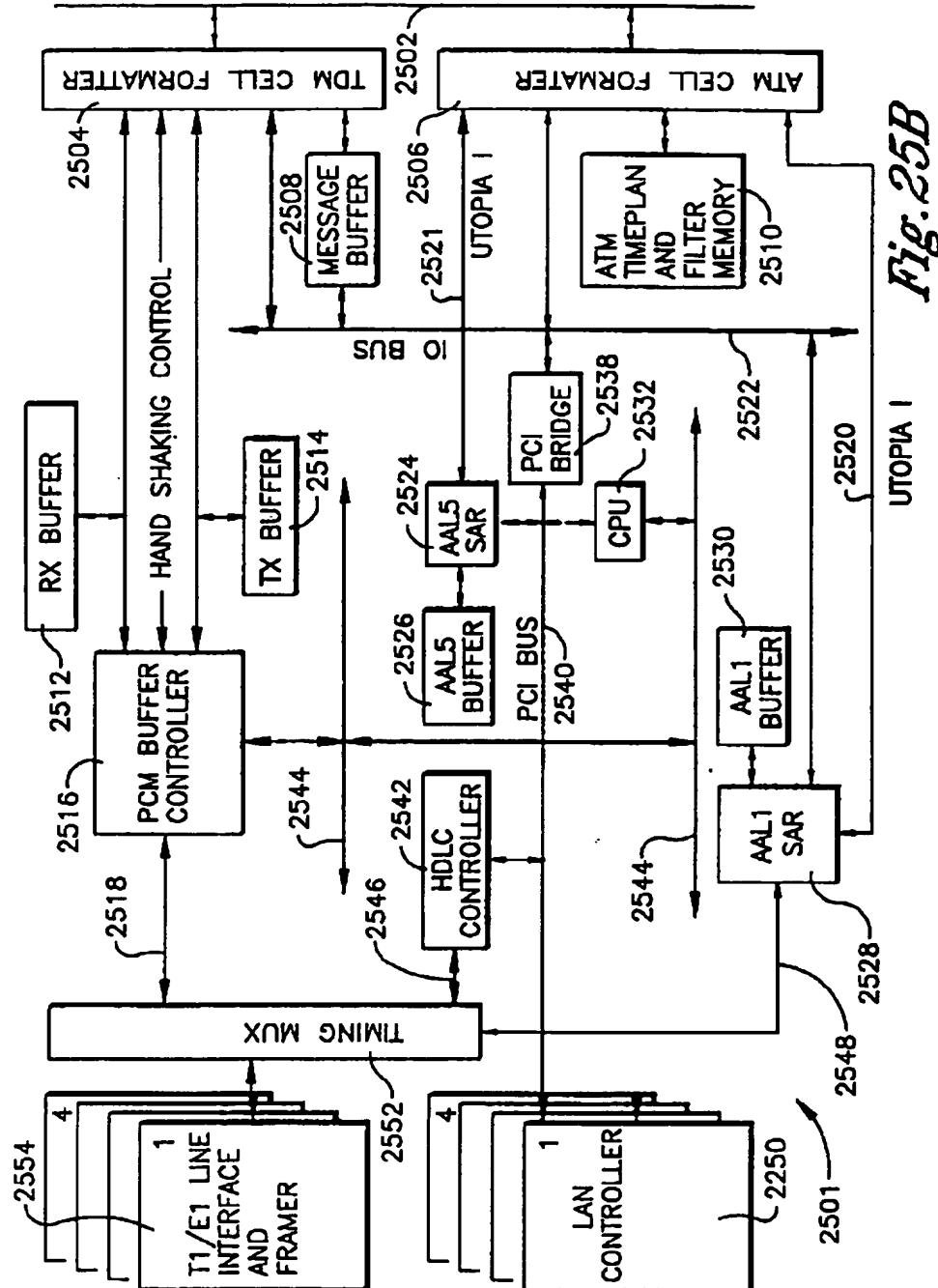


Fig. 25B

26/42

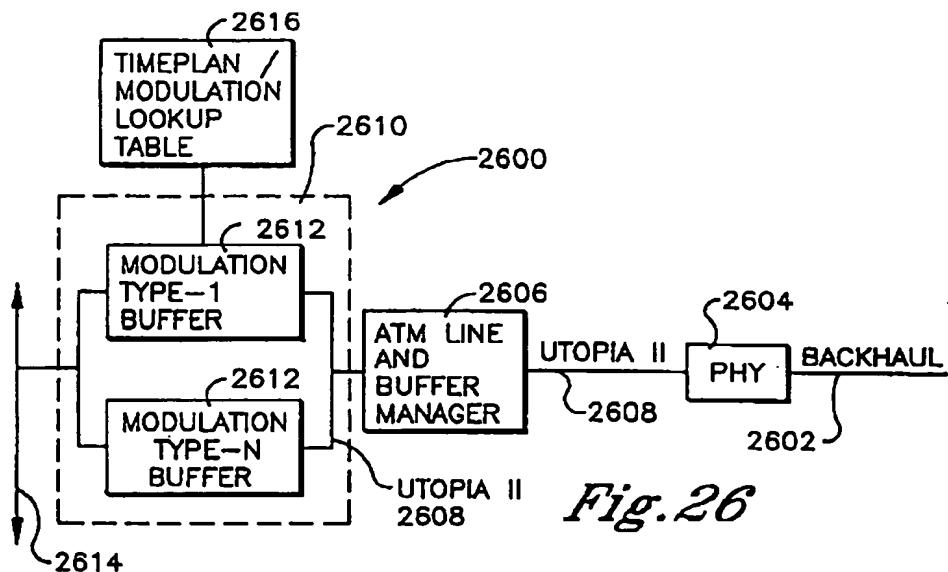
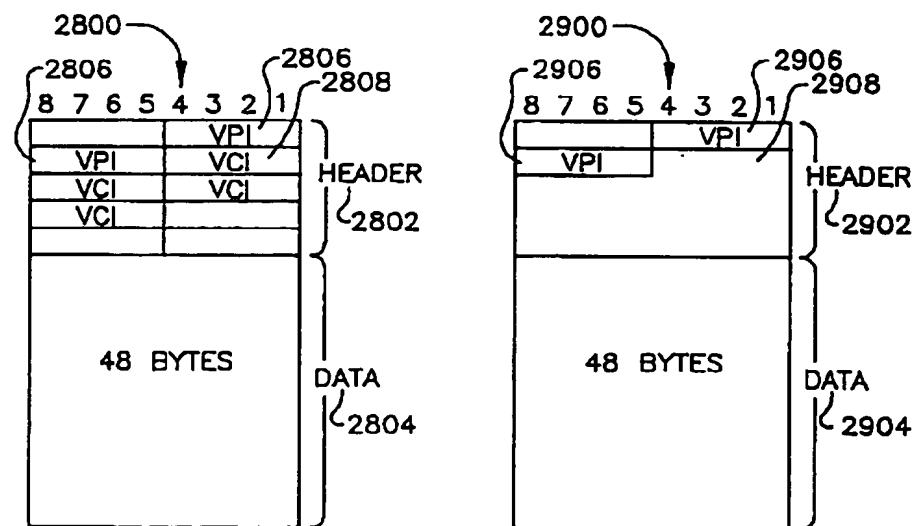


Fig. 26



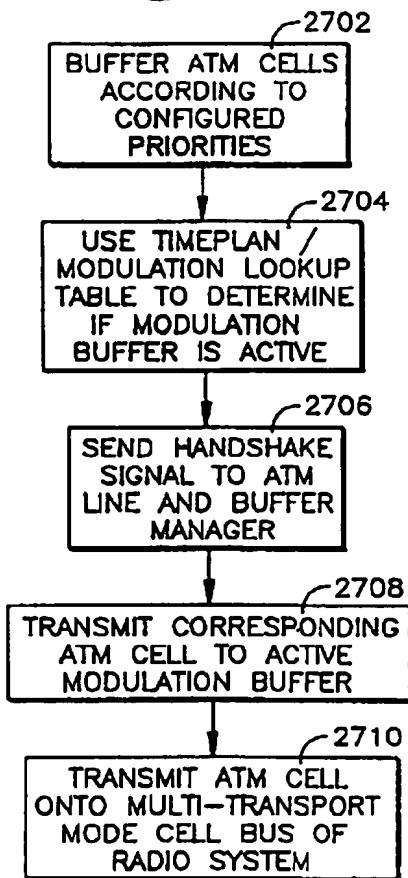
ATM CELL

Fig. 28

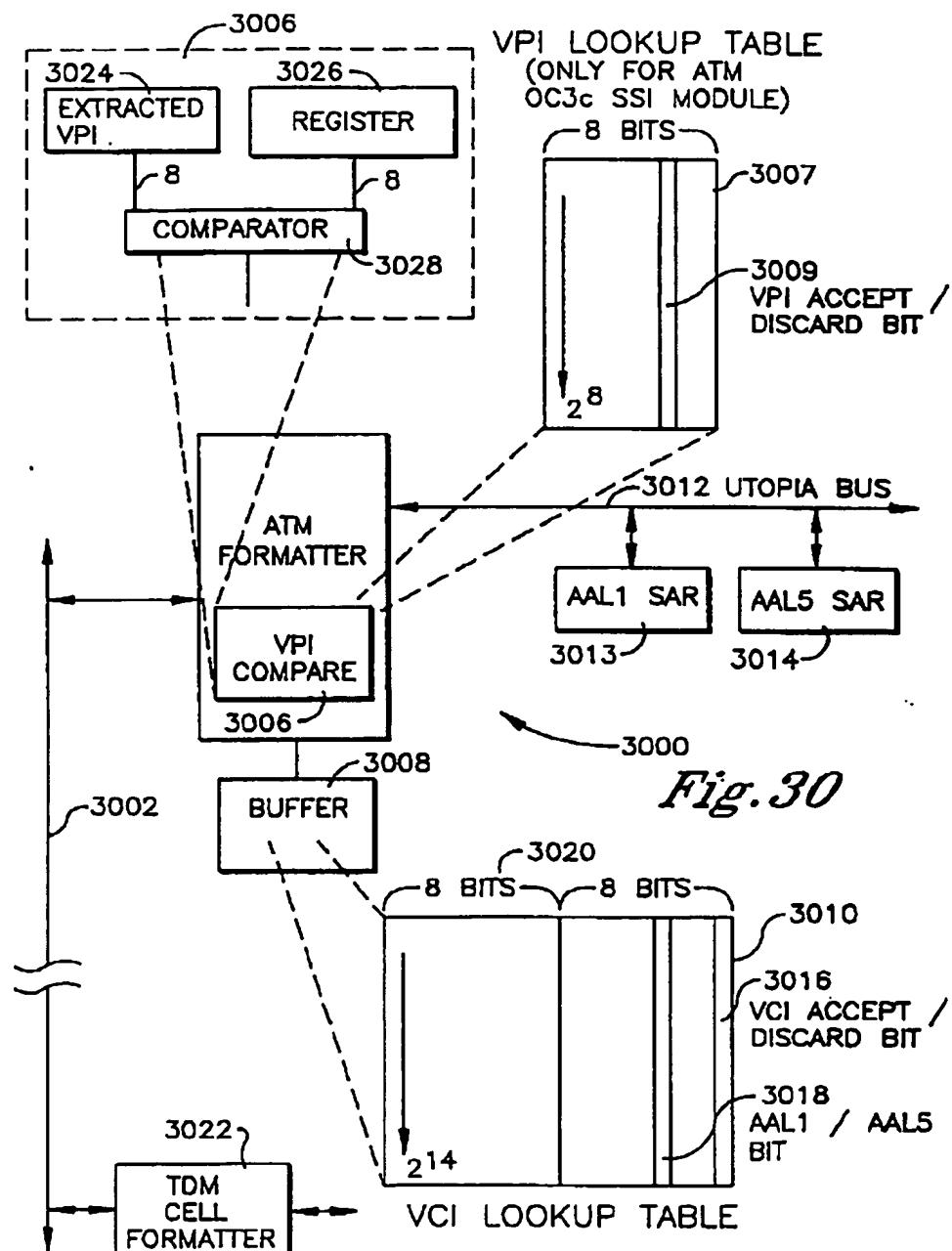
TDM CELL

Fig. 29

27/42

Fig.27

28/42



29/42

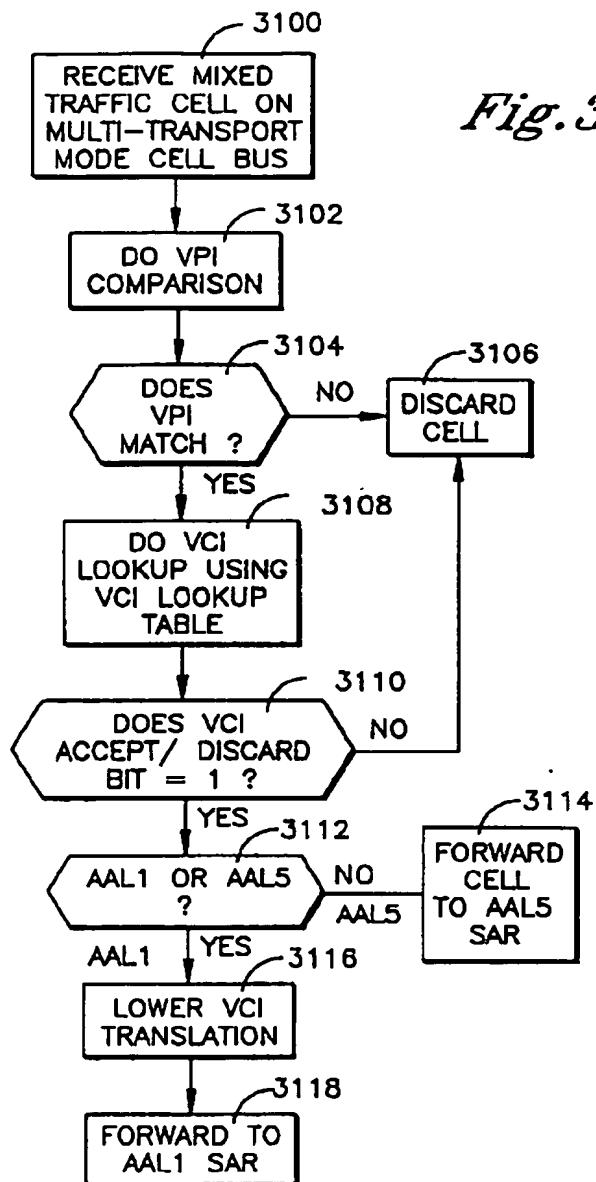
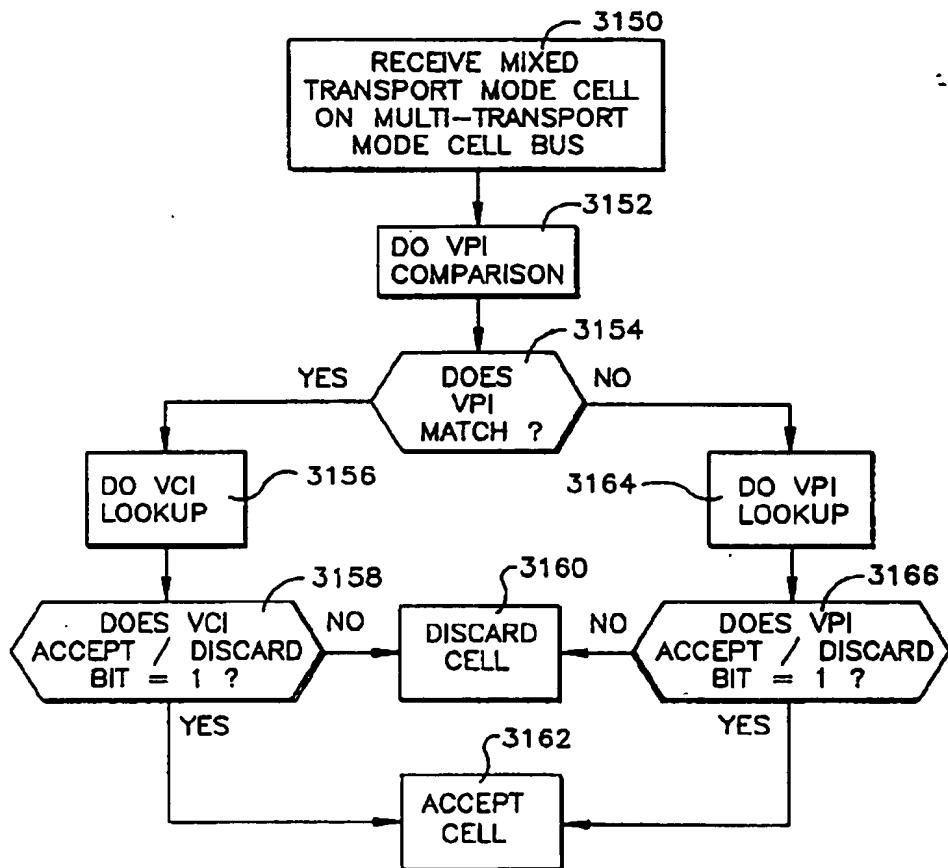


Fig. 31A

Fig. 31B

31/42

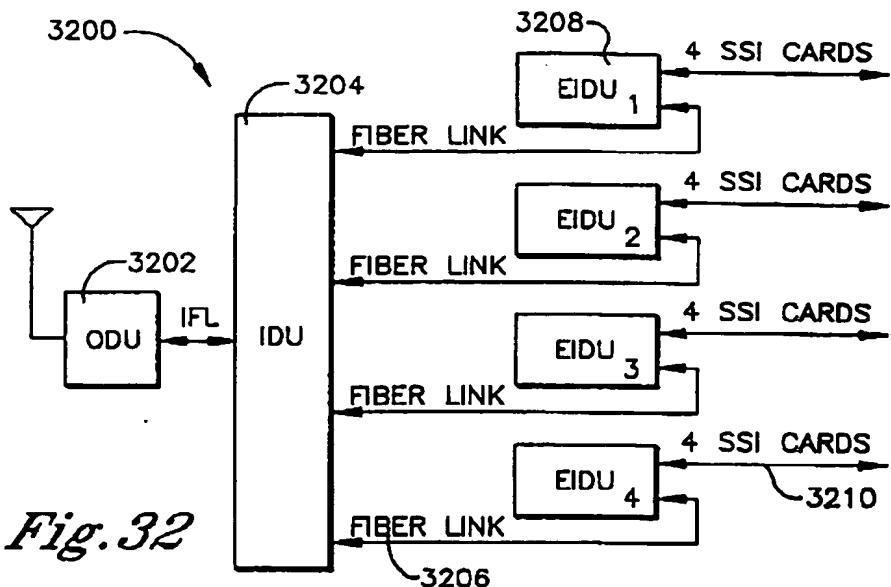


Fig. 32

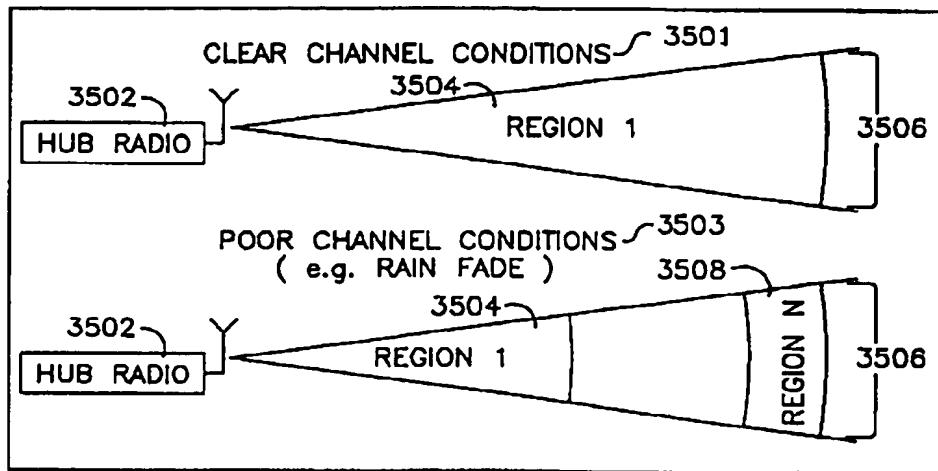


Fig. 35

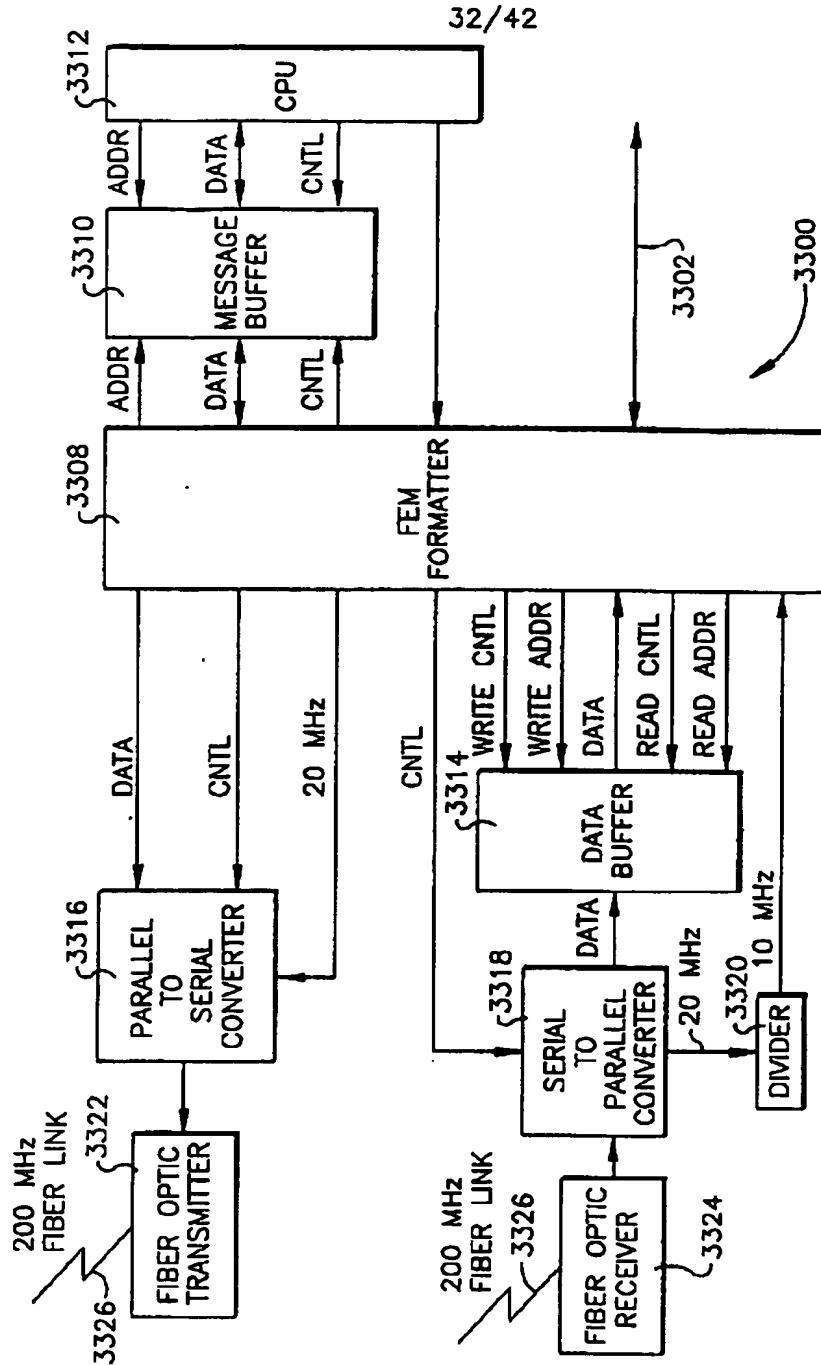


Fig. 3.3

33/42

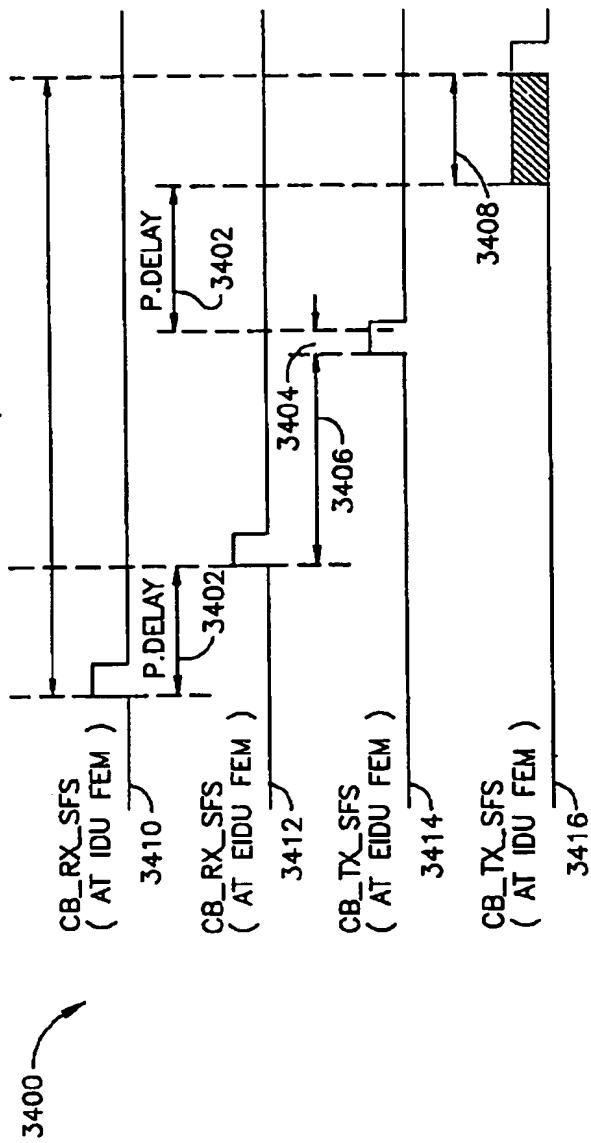


Fig. 34

34/42

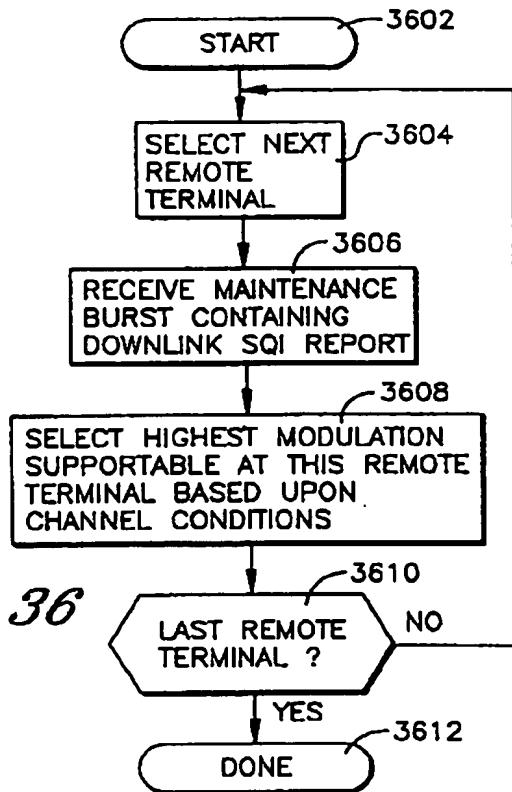
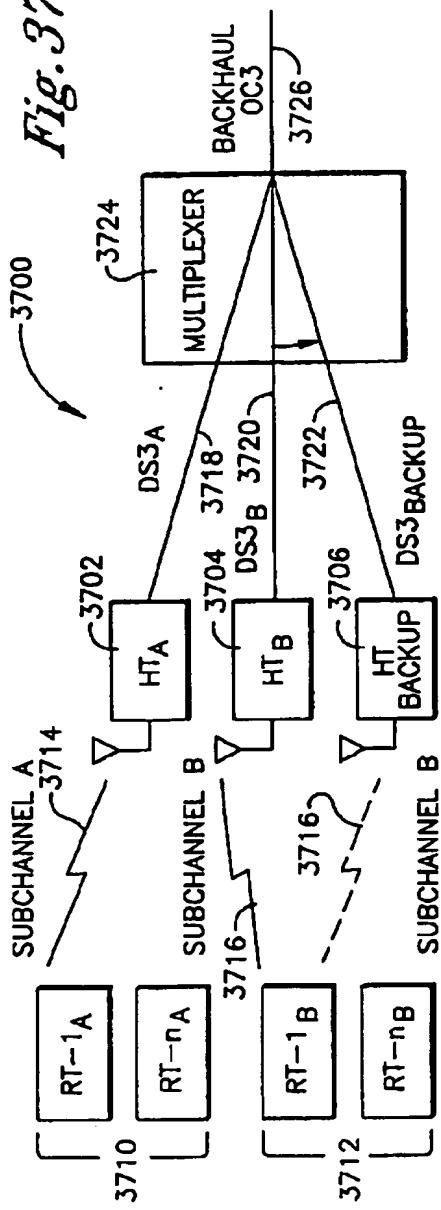
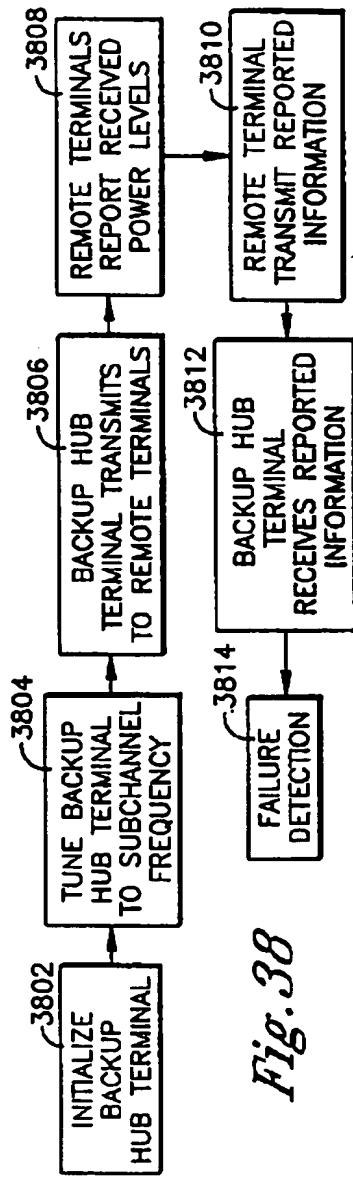


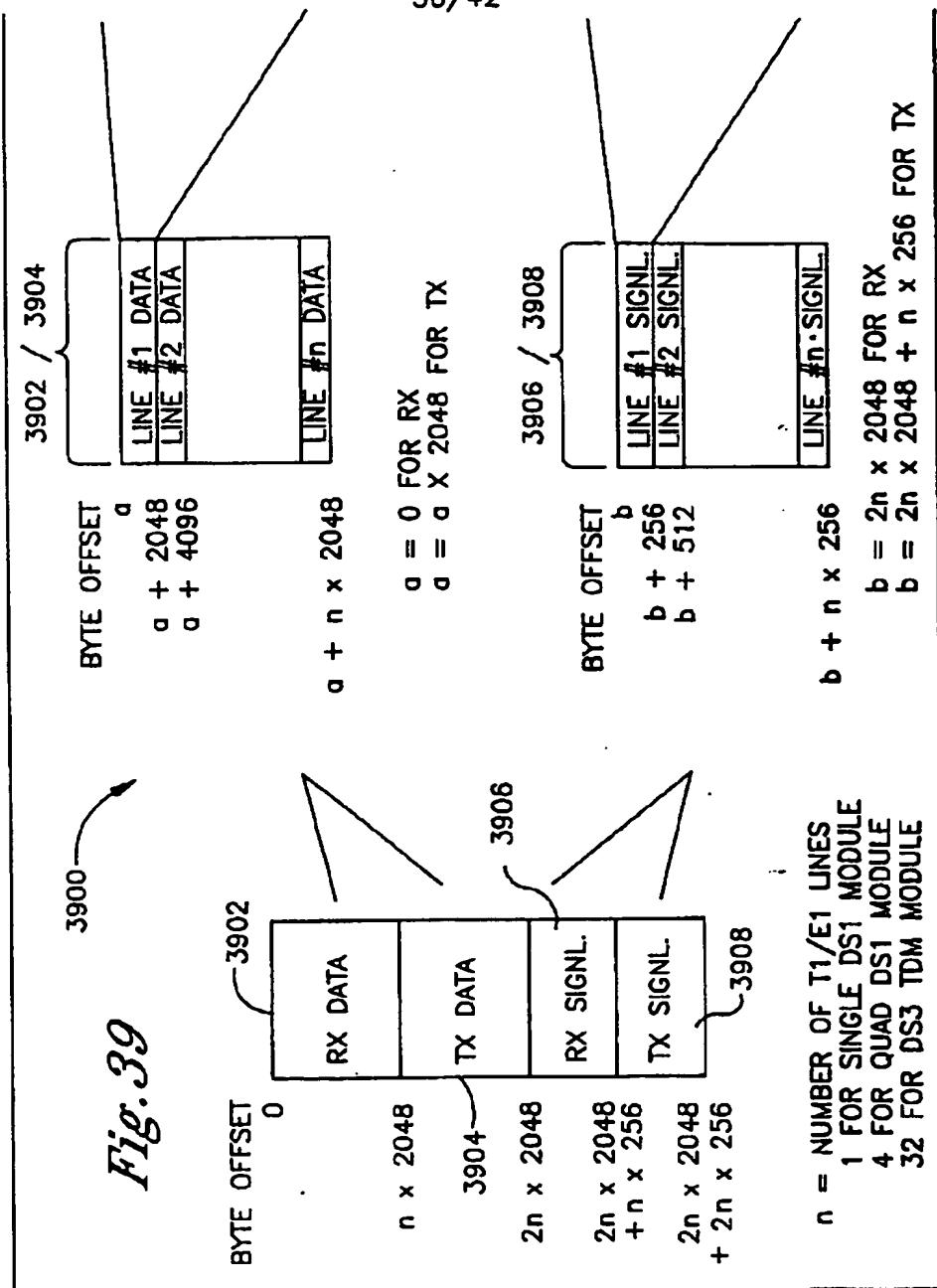
Fig. 36

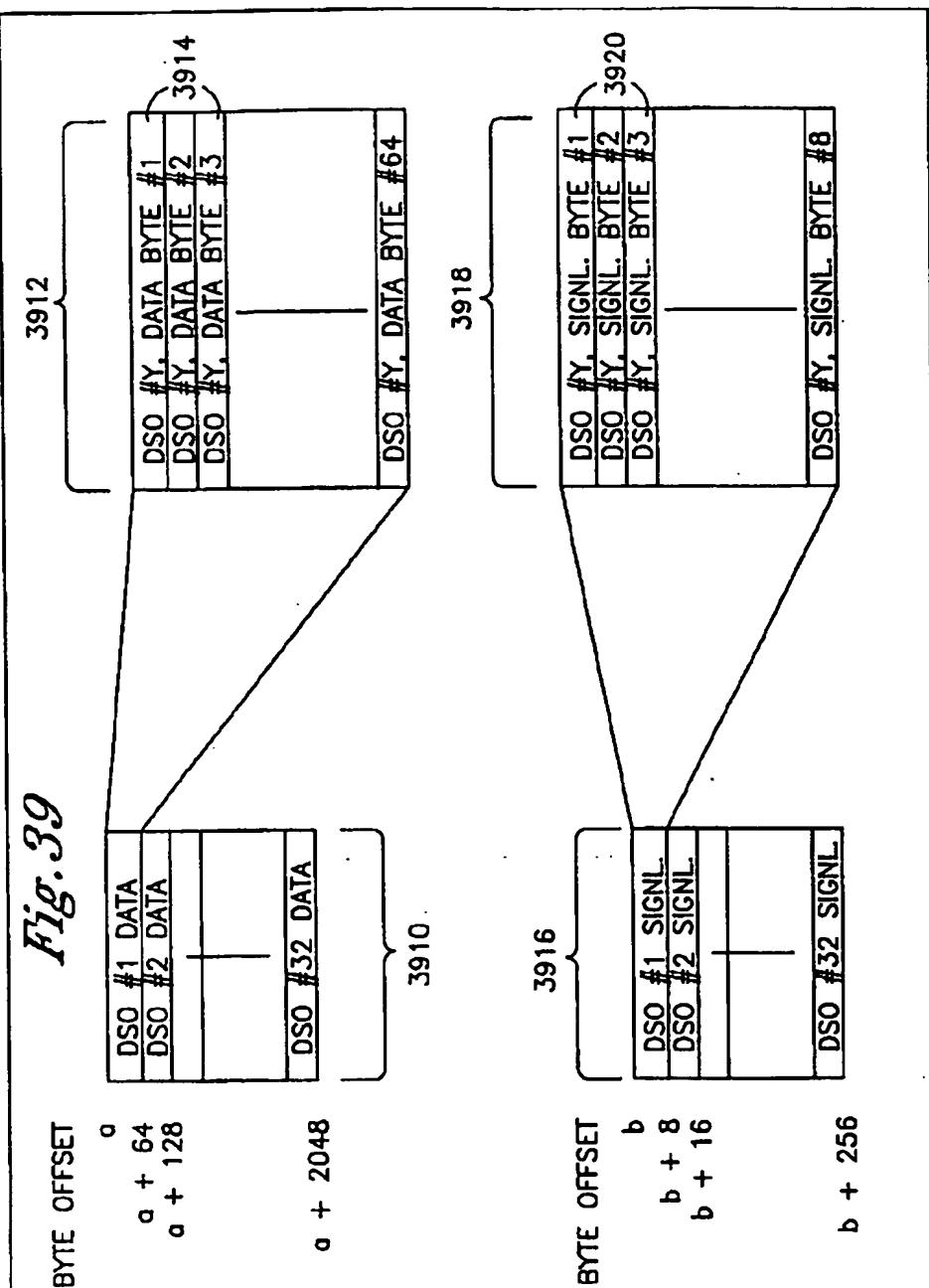
35/42

Fig. 37*Fig. 38*

36/42

Fig. 39





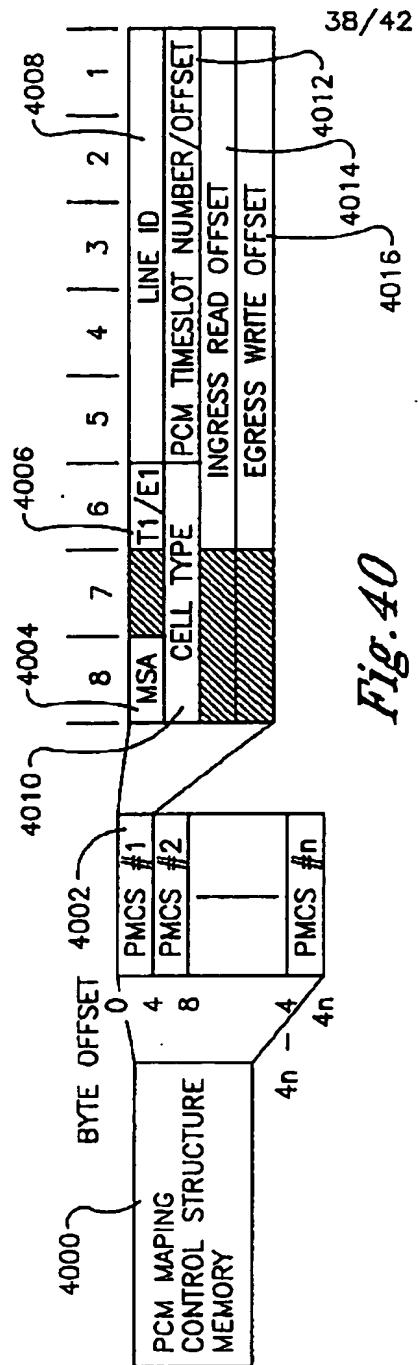


Fig. 40

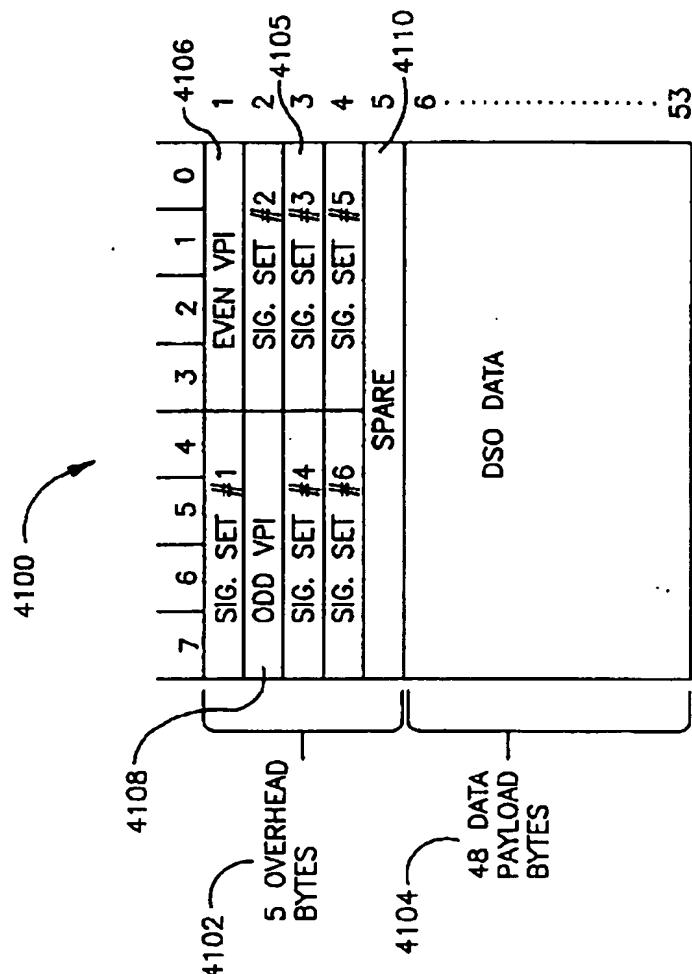


Fig. 41

40/42

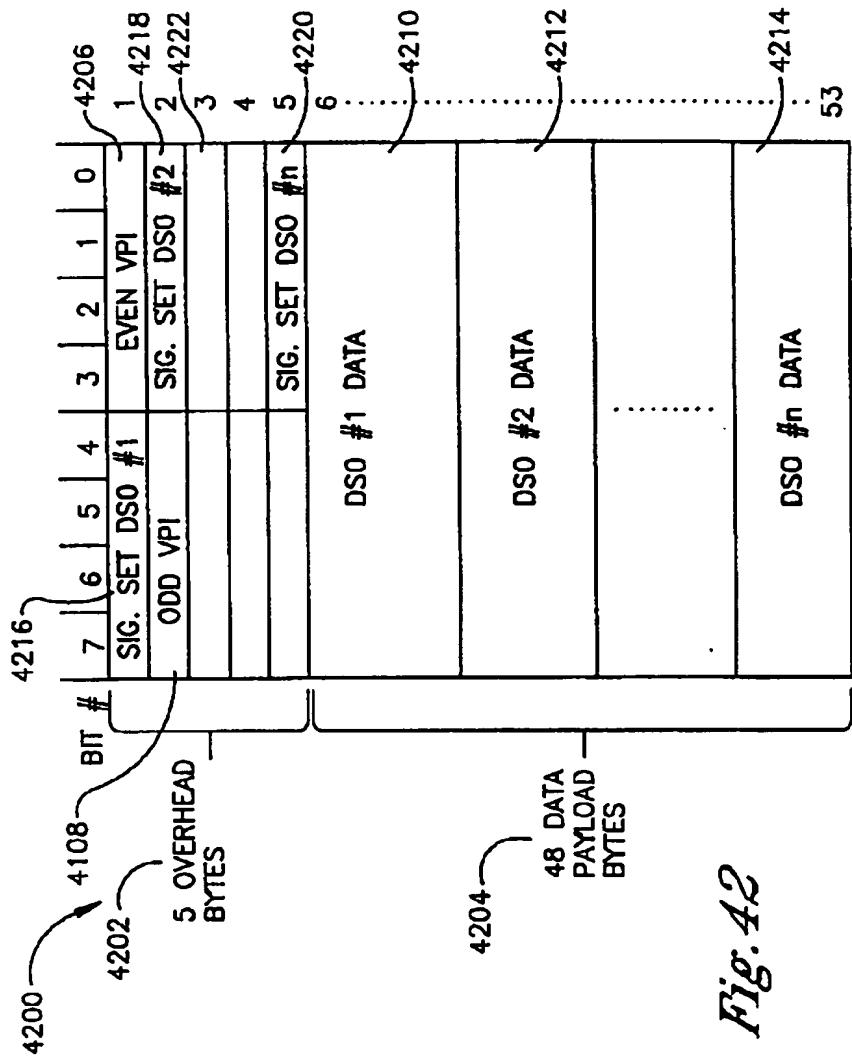


Fig. 42

41/42

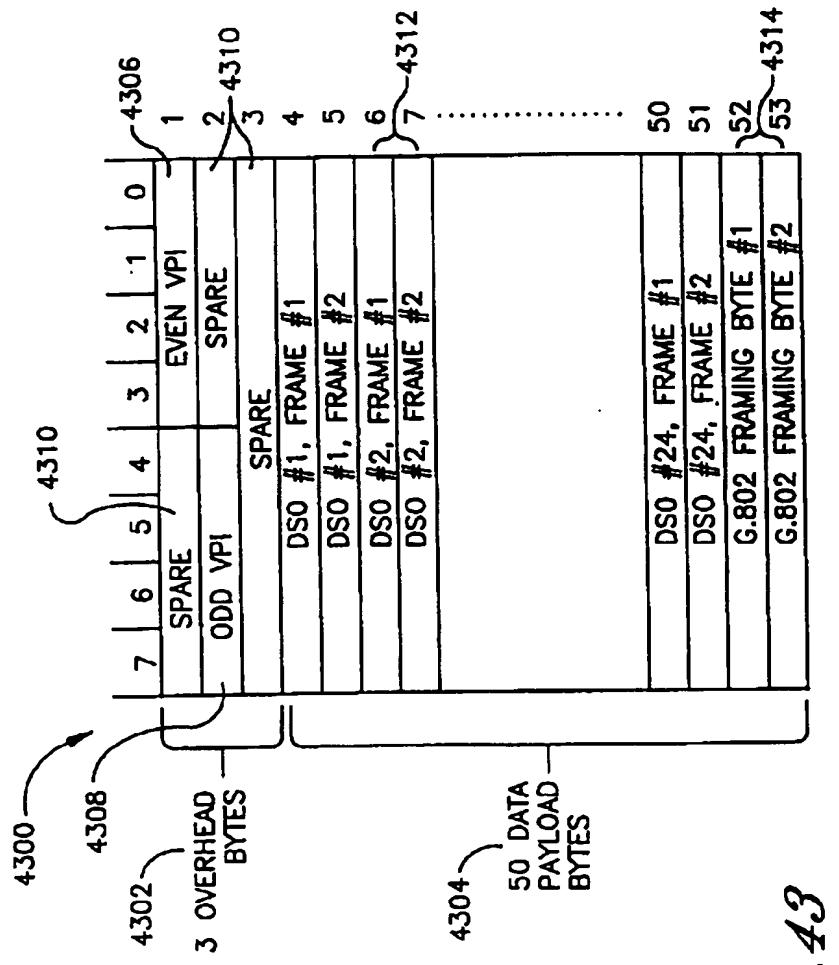


Fig. 4.3

42/42

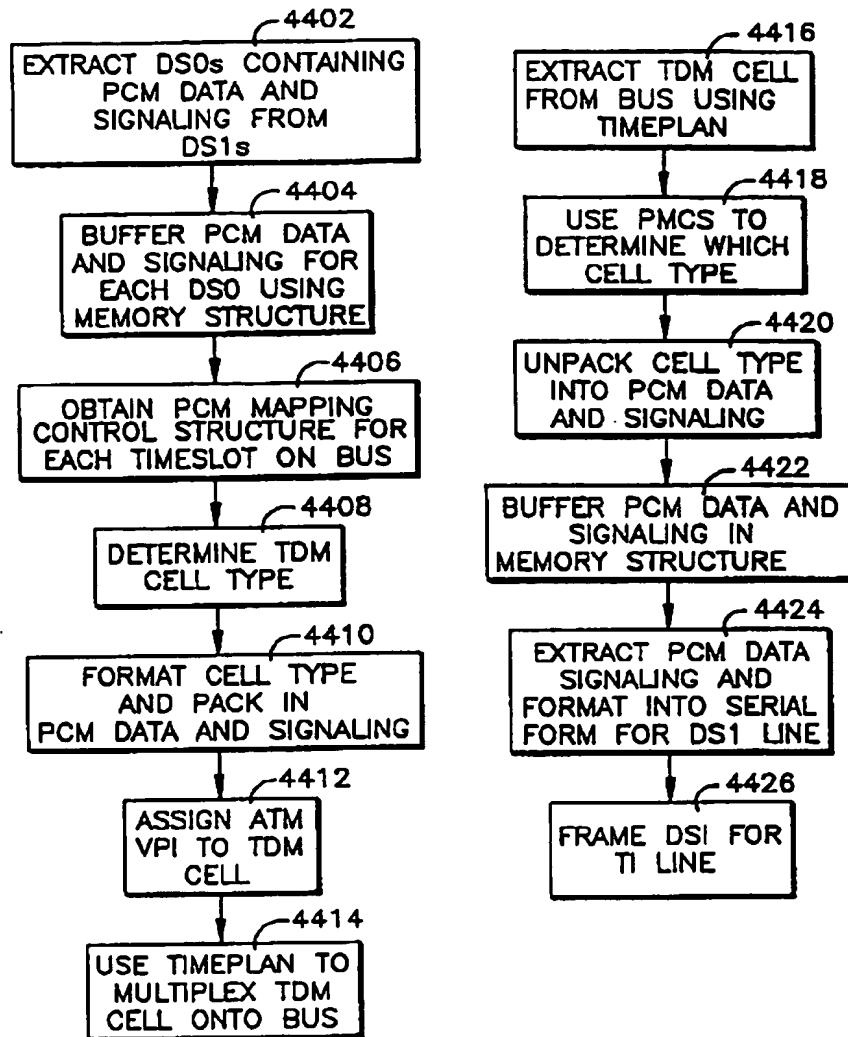


Fig. 44A

Fig. 44B

Abstract**ABSTRACT OF THE DISCLOSURE**

A radio (1400), and related methods of radio communication, consisting of a multi-modulation modem (1100), wherein the multi-modulation modem that modulates and demodulates signals using a plurality of modulations. The radio also comprises a frequency converter (1402 and 1422) coupled to the multi-modulation modem for converting the signals to a radio frequency and a transceiver unit (1402) including an antenna (1404) coupled to the frequency converter for transmitting the signals over a radio communications link (118). The multi-modulation modem includes a modulator (1102) that includes a modulation selector unit (1114) that selects respective ones of the plurality of modulations to modulate the signals. The multi-modulation modem also includes a demodulator (1104) for demodulating the signals having been modulated using the plurality of modulations.

Representative Drawing: Fig. 14

15